n°119




INRA mensuel
Dossier, janvier 2004

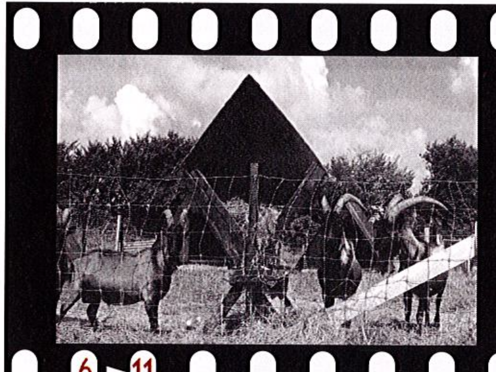
I.N.R.A.
Centre de Recherche Versailles-Grignon
Direction de la Valorisation
Information Scientifique et Technique
RD10 - Route de Saint-Cyr
78026 VERSAILLES Cedex - France

40 ans
de recherches

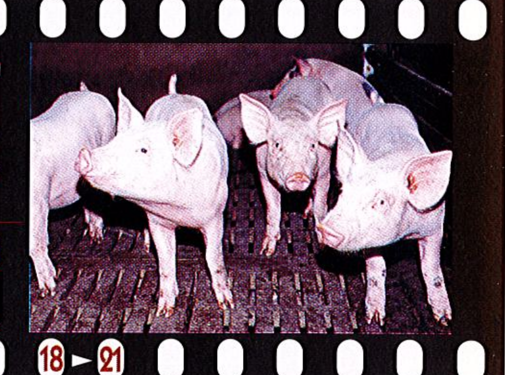
Le domaine expérimental de Bourges



Sommaire















Le domaine expérimental de Bourges

Coordinateur du dossier : Dominique François, Station d'Amélioration génétique des Animaux, SAGA Toulouse.
Responsables scientifiques : Didier Boichard, chef du département de Génétique animale, Jouy-en-Josas ; Bernard Bibé, SAGA Toulouse ;
les premières années : Claude Lefèvre, Jean-Pierre Hamonou, domaine de Bourges ; pour **l'élevage ovin :** Dominique François, Jacques Bouix, SAGA Toulouse ; pour **l'élevage porcin :** Pierre Sellier, direction scientifique Animal et Produits animaux Paris, Jean-Pierre Bidanel, Station de Génétique quantitative et appliquée (SGQA) Jouy-en-Josas ; pour **l'élevage bovin :** François Ménissier, Gilles Renand, SGQA Jouy-en-Josas ; pour **l'élevage caprin :** Guy Ricordeau, Eduardo Manfredi, SAGA Toulouse ; **Bourges aujourd'hui :** Jean-Pierre Hamonou, domaine de Bourges
Coordinatrice responsable d'INRA *mensuel* : Denise Grail / Secrétariat : Frédérique Chabrol / Conception et réalisation : Pascale Inzérillo
Iconographie : reportages de Gérard Paillard, 1992 et Gilles Cattiau, 2003.

Directrice de la publication : Corine Plantard INRA-Mission Communication 147 rue de l'Université 75338 Paris cedex 07 Tél. 01 42 75 90 00
Imprimeur Graph 2000 / Flashage : Vercingétorix / ISSN 1156-1653 numéro de commission paritaire : 1799 ADEP

Le domaine expérimental de Bourges

40 ans de recherches

Le domaine de Bourges, une unité expérimentale du département de Génétique animale, représente un outil d'investigation de première importance dans le dispositif de recherche de ce département. Dans chacun des quatre troupeaux du domaine, ovin, bovin, porcin et caprin, les recherches ont pour objectif d'approfondir les connaissances sur le déterminisme génétique des fonctions biologiques et des caractères intéressant l'élevage.

Photo : Gérard Paillard

L'objectif du département de Génétique animale étant de contribuer à l'amélioration génétique des animaux d'élevage, les chercheurs de ce département doivent couvrir un vaste champ allant des recherches méthodologiques de base à des recherches plus directement appliquées, en utilisant différents niveaux d'approche, du gène à la population en passant par les fonctions biologiques et l'animal. Dans cet éventail, en complément des techniques d'étude du génome en laboratoire et de l'analyse des fichiers nationaux de performances, les domaines expérimentaux permettent de mettre en place des protocoles de recherches précis, indispensables pour décomposer les mécanismes biologiques, portant sur un nombre d'animaux suffisant afin d'appréhender leur déterminisme génétique : transmission héréditaire, relations génétiques entre caractères...

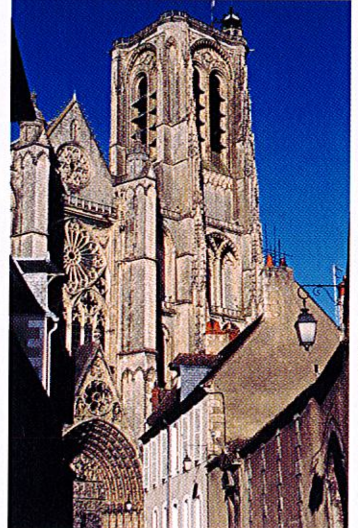
Ces recherches, en intégrant la dimension génétique, doivent tout d'abord permettre une meilleure compréhension des fonctions biologiques qui interviennent dans les aptitudes des animaux, donc de mieux raisonner le choix des objectifs de sélection de races domestiques dans des conditions de terrain. Elles doivent également déboucher sur la proposition de nouveaux critères de sélection applicables dans les programmes nationaux d'amélioration génétique. Enfin, elles doivent permettre de prévoir l'évolution des aptitudes des animaux à la suite des stratégies de sélection proposées ou retenues. Ces recherches peuvent aller jusqu'à la création d'une nouvelle race, comme celle des ovins INRA 401.

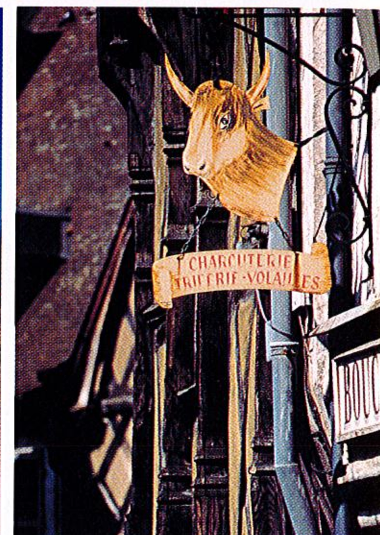


Blason du département du Cher, armes de l'ancien duché de Berry : Azur à trois moutons passans d'argent avec les couleurs du roi de France (bleu azur et rouge gueules) et fleurs de lys.









Bourges
• Cathédrale St Etienne
• Vitrail de la nouvelle alliance, 13ème siècle, corporation des bouchers
• Enseigne rue Bourbounoux.
© Service du patrimoine de la ville de Bourges. Photos de la cathédrale et enseigne : J.P. Schwartz, Zoo studio.

Des collaborations

L'efficacité de ces recherches repose également sur la qualité des nombreuses collaborations avec les équipes des autres disciplines des productions animales :
• physiologie : reproduction, croissance…
• élevage et nutrition
• pathologie
• transformation des produits animaux...

En particulier, ces collaborations ont toujours été indispensables pour une meilleure description des phénotypes à travers leurs déterminants biologiques.

La tradition de collaboration du département avec les organisations professionnelles favorise le transfert des résultats de ces recherches dans les élevages.

Le domaine de Bourges

Créé en 1962 sur des terrains militaires, le domaine de Bourges est constitué de quatre élevages expérimentaux répartis en deux implantations.

■ À la Sapinière sont menées des recherches sur les **ovins**. Le thème majeur a été pendant longtemps l'augmentation du nombre d'agneaux nés et élevés par portée. Depuis quelques années, l'activité s'est élargie d'abord à la génétique des aptitudes à la croissance, aux qualités bouchères et à la consommation d'aliments, puis à la génétique de la résistance aux maladies.

■ À Galle sont regroupés les trois autres élevages :

• dans **l'élevage bovin**, où sont évaluées les aptitudes bouchères et les qualités maternelles, les recherches ont d'abord porté sur des comparaisons entre races et l'optimisation de leur utilisation pour s'orienter ensuite vers le déterminisme génétique de la croissance musculaire et de ses relations avec les qualités de viande et les qualités d'élevage.

• les recherches en **génétique porcine** ont principalement porté sur l'analyse de la prolificité des truies et des composantes de la taille de la portée à la naissance (taux d'ovulation et taux de survie embryonnaire), d'une part, et sur différents aspects touchant à la qualité de la viande (variabilité entre races, déterminisme génétique, relations avec le développement musculaire), d'autre part. Plus récemment, des recherches sur le comportement et les aptitudes maternelles de la truie ont été entreprises.

• enfin les **recherches caprines** qui ont concerné d'abord l'étude de l'interaction génétique entre niveau de production et fréquence des traites, se sont orientées ensuite vers l'analyse génétique du débit de traite et des qualités du lait, l'étude d'anomalies génétiques et l'optimisation des méthodes de reproduction. ■

Le département de Génétique animale gère un dispositif expérimental diversifié, constitué de 11 unités expérimentales métropolitaines auxquelles s'ajoutent deux unités à vocation tropicale en Guadeloupe. La mission principale de ces unités est de conduire des expérimentations, très généralement pluridisciplinaires, afin d'analyser le déterminisme génétique des caractères. Mais souvent, elles remplissent également d'autres missions de conservation de ressources génétiques ou de sélection de populations originales, en vue de leur diffusion chez des sélectionneurs ou des producteurs. C'est ainsi le cas des souches de lapin de chair et des lapins Orylag, des ovins INRA 401 ou de la lignée bovine cularde INRA 95 [1].

La majorité des expérimentations sont dédiées à l'analyse du déterminisme génétique des caractères

Les protocoles les plus fréquemment utilisés sont les expériences de sélection, les comparaisons de génotypes, les protocoles de détection ou de cartographie fine de gènes majeurs ou de QTL, ou la recherche d'interactions génotype-milieu.

- Les **expériences de sélection** sont probablement les expériences génétiques les plus fréquentes. Elles visent à produire des lignées extrêmes, en sélectionnant une population généralement fermée [2] sur un caractère et sur une ou plusieurs générations. Dans les espèces d'élevage à intervalle de générations long (comme les bovins du *Vachotron* à Bourges ou les ovins laitiers à La Fage), le dispositif est souvent accéléré en externalisant l'effort de sélection, c'est-à-dire en puisant dans les populations "commerciales" des reproducteurs extrêmes, lorsqu'ils existent et sont identifiables, c'est-à-dire quand leur valeur génétique est estimée. Les expériences de sélection sont extrêmement informatives puisqu'elles permettent de déterminer précisément la part génétique d'un caractère [3], d'estimer son degré de relation avec les autres caractères, y compris ses composantes physiologiques, et surtout elles fournissent des modèles qui sont ensuite des mines de collaborations avec les autres disciplines.
- Les **comparaisons de génotype** sont des expérimentations souvent plus simples à conduire. Toutefois, on cherche généralement à construire les génotypes à partir des mêmes parents, de façon à homogénéiser le fond génétique, ce qui implique un travail préalable de procréation de parents présentant les génotypes hétérozygotes voulus.
- Les **programmes de détection de** QTL sont conduits en croisement ou intra population et impliquent deux ou trois générations. En croisement, ils utilisent soit des lignées divergentes [4] sélectionnées préalablement, soit des populations très différentes pour les caractères étudiés. Contrairement aux plantes ou à la souris, on ne dispose pas de lignées complètement consanguines pour les animaux d'élevage. En conséquence, ces expérimentations impliquent la production de familles de grande taille, ce qui constitue une difficulté technique dans certaines espèces. La taille des dispositifs est très importante, rarement moins de 500 individus et souvent le double. On cherche à les rentabiliser en augmentant le nombre de paramètres observés, et donc mathématiquement le nombre de QTL détectés. Toutefois cette stratégie n'est pas toujours possible car le dispositif peut ne pas être informatif, les caractères peuvent être trop coûteux à mesurer, ou invasifs et donc incompatibles entre eux. Ainsi, par exemple, les protocoles de résistance aux maladies sont souvent des "protocoles dédiés" c'est-à-dire non partageables.
- Les protocoles de **cartographie fine de gène** sont la suite logique des programmes de détection de QTL. Par des croisements au cours des générations plus avancées, ils visent à produire des descendants issus de parents bien choisis en vue d'accumuler des recombinaisons dans les régions chromosomiques étudiées.
- **L'étude d'interactions génotype/milieu** repose sur des dispositifs utilisant plusieurs génotypes dans plusieurs milieux. Cette variabilité de milieu peut être obtenue en utilisant plusieurs sites ou plusieurs systèmes de conduite, voire en conditionnant le milieu : par exemple les ovins INRA 401 à Bourges et à La Fage, les bovins à Bourges et au Pin-au-Haras...

Ces expérimentations présentent toutes un certain nombre de caractéristiques spécifiques :

- Contrairement aux expérimentations factorielles classiques qui cherchent à minimiser la variabilité individuelle considérée comme résiduelle en utilisant des animaux les plus standardisés possibles, l'expérimentation génétique utilise principalement cette information individuelle, en cherchant à distinguer celle d'origine génétique de celle qui ne l'est pas, ou celle due à tel gène ou telle combinaison de gènes.
- Ces expérimentations impliquent un nombre élevé d'animaux et se déroulent sur au moins deux générations, parfois plus ; elles sont donc de longue durée, au moins une et souvent plusieurs années. Elles nécessitent toutes les étapes de l'élevage, en particulier l'étape essentielle de la reproduction et donc sous-tendent l'entretien d'animaux reproducteurs parfaitement connus au plan de la généalogie.
- Ces expériences assez lourdes sont conçues, réalisées, analysées et valorisées en collaboration avec les spécialistes des fonctions étudiées, des physiologistes au sens large, y compris pathologistes ou technologues. Si les généticiens en ont la responsabilité technique, ces protocoles sont donc par définition pluridisciplinaires et ouverts. Compte tenu de leur coût, ces expérimentations sont souvent conçues pour répondre à plusieurs objectifs à la fois. Ainsi, certains grands programmes "généralistes" de détection de QTL permettent parfois l'analyse d'une centaine de caractères simultanément, et le nombre d'équipes associées peut être élevé.
- Compte tenu de la durée et de la taille des protocoles, les coûts sont largement prévisibles et récurrents. De ce fait, les coûts de base sont couverts par une dotation du département et par les recettes liées aux ventes de produits, commercialisables dans la plupart des cas. Un complément de financement, généralement apporté par les équipes ou sous forme contractuelle, couvre les dépenses spécifiques au programme. Ce mode de financement, en rapport avec le mode d'utilisation des capacités expérimentales, est bien entendu très différent de celui d'une plateforme totalement ouverte, acceptant des programmes d'origine diversifiée, voire sélectionnés sur appel d'offres.

Pour renforcer l'efficacité du dispositif expérimental, le **département a fortement investi intellectuellement et financièrement dans les systèmes d'acquisition et de gestion des données**, en particulier l'identification électronique des animaux, les automates de pesées et de contrôle laitier, les systèmes d'alimentation individuelle, les systèmes de saisie portables et les bases de données.

[1] La version 2003 d'un document mis à jour régulièrement, intitulé "Programme des unités expérimentales - Département GA" (215 p) présente les 111 programmes conduits au cours des quatre dernières années.

[2] Population fermée : population maintenue sans introduction de gènes extérieurs.

[3] On peut ainsi estimer l'héritabilité d'un caractère par le rapport entre le gain génétique observé à la génération suivante et l'intensité de sélection des reproducteurs choisis (c'est-à-dire leur supériorité phénotypique par rapport à la population).

[4] Sélection consistant à créer, au sein d'une population, deux sous-populations de niveaux haut et bas pour un caractère donné en choisissant comme reproducteurs et en les accouplant entre eux les individus les plus extrêmes pour ce caractère, répétant ce processus sur plusieurs générations.

Le domaine de Bourges, les premières années

Peut-on imaginer un lien entre des activités de recherche et celles d'une base militaire ? C'est pourtant le pari de cette curieuse rencontre, assumé dans les années 60 par la direction de l'INRA à la recherche de grandes surfaces pour l'expérimentation animale.



Photos : Gérard Paillard

1960/1962 : s'installer, vivre avec des exercices de tir, préparer les cultures

Les premiers contacts entre l'INRA et les services de l'armée (l'ETBS : Établissements d'Expériences Techniques de Bourges), propriétaires et utilisateurs du domaine de Bourges, un polygone d'essais de 12 000 ha datent de 1960 avec la visite de différents responsables de l'INRA dont Jacques Poly, Raymond Février, Bertrand-Roger Lévy [1] ainsi que de nombreux chercheurs en génétique.

Ces premiers contacts sont venus d'une double nécessité : la génétique avait besoin de surface pour ses élevages ; de leur côté, les militaires qui possèdent de nombreux terrains avaient un problème d'embroussaillement, le terrain ayant besoin d'être dégagé pour voir où tombent les obus.

La première convention est signée le 30 juillet 1963 avec effet rétroactif au 1er juillet 1962 par Henri Ferru, directeur de l'INRA et l'Ingénieur Général Prottes directeur de l'ETBS. Elle autorise l'INRA à récolter les "herbages excrus" [2] sur une partie du polygone de tir :

- 70 ha sur Avord, le domaine de Galle
- 600 ha : 100 ha de fauche, 100 ha de jachères de deux ans, 400 ha de friches avec épines et bois, répartis sur Bourges, Osmoy, Savigny-en-Septaine constituant le domaine de la Sapinière.

Par la suite, le débroussaillage, le désouchage (après le passage du bulldozer de l'ETBS), l'extraction des obus (pas toujours désamorcés) vont permettre de passer à 400 ha de surface agricole utile à la Sapinière.

S'installer

Dès mars 1962, l'INRA s'installe sur les friches du polygone de tir. Gérard Maurice, premier chef du domaine, embauche sur place les deux premiers ouvriers, Roger Guillaumin et Maurice Siguret. Pas de concours à l'époque ! Roger Guillaumin, contacté le soir du 17 mars, débute le 18 au matin ; son pre-

1960 / Extraits d'*Archorales* tome 2

Denis Poupardin - En dehors de votre travail à l'usine de la Minière, vous avez eu en charge l'instruction d'autres dossiers. Vos relations personnelles ne se sont-elles pas avérées très précieuses lorsqu'il a été question, pour l'INRA, d'acquérir de nouveaux domaines ?

Bertrand-Roger Lévy - L'INRA cherchait de nouveaux espaces pour s'agrandir. Je l'avais appris à la cantine de Jouy-en-Josas, au cours d'un repas où les chefs de service discutaient ensemble des possibilités de transférer ailleurs une partie de leurs activités. Il se trouve qu'un jour, un notaire de la région de Bourges a demandé à me rencontrer pour discuter de problèmes d'alimentation de bovins à l'embouche- je l'ai bien entendu reçu mais à la fin de la conversation, je lui ai demandé, à tout hasard, s'il connaissait des espaces vacants dans lesquels l'INRA pourrait éventuellement s'installer. Les mois sont passés. Un beau jour, j'ai reçu, griffonnée sur un bout de papier, une note du notaire m'avisant que de vastes espaces inutilisés se trouvaient libérés, aux abords de Bourges. Il s'agissait d'un champ de tir militaire. Ayant informé aussitôt Raymond Février et Charles Thibault de l'opportunité qui s'offrait, il a été décidé que j'irais sur les lieux, avec Maurice Fradin, voir de plus près les terrains dont il s'agissait. Je me souviens encore de la façon dont la scène s'est déroulée. L'ingénieur général d'armement, qui nous recevait, nous a emmenés en voiture sur le champ de tir, nous a fait monter sur une tourelle de guet et a proclamé : *"l'horizon à gauche, l'horizon à droite sont à nous !"*. Il nous a expliqué que les militaires effectuaient des tirs à blancs mais étaient bien en peine de retrouver les impacts, vu l'abondance du couvert végétal. Soucieux de réduire l'importance de leur budget de désherbage, ils étaient désireux de trouver un partenaire extérieur pour ramasser ou faire pâturer l'herbe qui les encombrait. Nous sommes revenus à Jouy avec un plan immense sous le bras, expliquant que si toute l'étendue n'était peut-être pas à prendre, il y avait néanmoins des parties que l'INRA pourrait exploiter avec profit. Ce sont ces tractations qui ont abouti à la constitution du domaine de Bourges actuel.

[1] Avec Maurice Fradin et J.M. Dupont, directeur des services généraux du CNRZ. Voir l'encart.

[2] Excrus : produits sur la surface considérée.

mier travail sera de préparer et semer en orge la parcelle de la Sapinière, actuellement construite. Roger Guillaumin travaillera à la Sapinière jusqu'à sa retraite, prise le 31 Janvier 1992, soit pratiquement trente ans à l'INRA de Bourges ; Maurice Siguret aussi.

Gérard Maurice n'a pas le don d'ubiquité et ne peut être à la fois aux champs, à Bourges et dans les bureaux, à Paris. Un "responsable parisien" du domaine est donc choisi, Pierre Cattin-Vidal. Son rôle consiste à harceler en permanence les chefs de service de la rue de Grenelle (INRA) et de l'avenue du Maine (Génie rural), pour activer les réalisations et calmer les impatiences de Jacques Poly.

Quelques contraintes liées aux essais de tir

"Les cultures sont autorisées, précise le texte de la convention entre l'INRA et l'ETBS, *mais de part et d'autre des lignes de tir, la hauteur des plantes doit être limitée à 30 cm".* Le texte stipule (heureusement !) que l'accès aux *"zones dangereuses est interdit aux agents de l'INRA pendant les tirs".* Une parcelle de 10 ha environ, la Sapinière, *"qui se trouve normalement hors de la zone dangereuse"* est réservée à la construction de locaux d'élevage et de logements destinés au personnel de service avec cependant l'obligation de devoir évacuer totalement en cas de nécessité ; ce qui ne s'est jamais produit.

Les hommes et les animaux se sont habitués à ces bruits d'explosion, comme les villages autour du domaine.

Cette longue familiarité avec les tirs a rendu les responsables du domaine de Bourges très forts en armement et en balistique de façon à assurer la sécurité du domaine. Les souvenirs de quelques incidents sont encore présents. Ainsi en novembre 1969, un troupeau de brebis "ayant repéré une brèche entre 2 barrières mal jointes" se sont retrouvées sur la ligne de tirs. Résultats : une vingtaine de brebis tuées ou blessées par un projectile explosif. Cet incident ayant provoqué quelques remous, Jacques Poly, alors chef du département de Génétique animale, dut jouer les diplomates auprès du Directeur de l'ETBS en terminant ainsi un de ses courriers : *"Je puis vous donner l'assurance que le personnel de l'INRA va redoubler de vigilance pour éviter que ne se renouvelle un tel incident".* Rien d'analogue ne s'est produit depuis.

D'autres difficultés concernaient le matériel : les obus abîmaient les faucheuses, des morceaux de ferraille se retrouvaient dans les ensilages, puis, quelquefois, dans les panses des bovins avec des conséquences sur leur santé ; les engins lourds de l'armée, équipés de chenilles, circulant par tous les temps, ravinaient le sol, rendant la conduite des tracteurs très sportive.

Pour certains, les culots d'obus sont devenus des porte-crayons ou des cendriers, mettant en émoi le service de sécurité du centre INRA de Jouy-en-Josas. Aujourd'hui, comme aux premiers temps, le responsable du domaine doit veiller chaque semaine aux relations harmonieuses avec le commandement militaire et à coordonner les activités. Les tirs ont lieu tous les jours ouvrés. Quelquefois, ils se poursuivent jusqu'à 23 h. Sur les 600 ha, 300 de manière tournante, sont indisponibles aux cultures pour des raisons de sécurité ; ces contraintes ont en contrepartie un prix de location des terres très faible.

Il arrive encore que le programme de travail de la journée soit bouleversé parce que des tirs ou la recherche d'obus non explosés ont entraîné des cratères dans les cultures et les prairies.

Premiers locataires du domaine, les moutons

Le premier protocole est élaboré par le laboratoire de Génétique animale de la rue de l'Estrapade [3] à Paris. Leurs préoccupations de l'époque se résument ainsi : *"À la veille de l'ouverture des frontières, la production ovine française se révèle quantitativement insuffisante pour le marché national, et non compétitive au point de vue du prix de revient sur le marché mondial.*

Une intensification de cette production est réalisable par la mise en place de meilleures techniques d'élevage et par un accroissement très sensible de la productivité numérique des brebis, combinaison de la fertilité, de la prolificité et des qualités maternelles d'allaitement des agneaux".

[3] Pierre Cattin-Vidal, Jacques Poly, Alain Desvignes, Marcel Poutous.

L'Odyssée des Romanov

En 1970, Claude Lefèvre est chargé par la Fédération nationale des races finnoises et Romanov (FNFIRO) d'aller choisir, en URSS, 600 reproducteurs, 100 mâles et 500 femelles Romanov, pour les importer en France par la COFRANIMEX. Certains de ces animaux sont destinés à La Sapinière.

Une fois le choix fait, Jean-Claude Brunel, Michel Ligney et Philippe Dumontier de Murenville, qui connaissaient bien la race Romanov déjà à la Sapinière, sont chargés de convoyer les animaux de la frontière russo-hongroise en France par le train.

Partis en train de Bourges en octobre pour une mission d'une semaine, ils rejoignent Budapest. Après une nuit et une journée en pension à l'hôtel, ils se rendent vite compte qu'à ce rythme leurs finances ne suivraient pas : la COFRANIMEX, leur avait-on dit, devait s'occuper de tout ! Très vite ils ont dû se débrouiller pour trouver une chambre chez l'habitant, et au bout d'une semaine, sans nouvelles de la COFRANIMEX, ni des animaux, ils prennent le train pour Zahony à la frontière russo-hongroise.

Là-bas, toujours sans nouvelles des animaux, ils doivent se loger chez l'habitant gratuitement ou presque, en échange de bas nylon et de stylos à bille, mais avec obligation de ne rentrer ou sortir de leur chambre que la nuit.

Enfin au bout d'une semaine et demie de semi-clandestinité, les 600 moutons Romanov sont annoncés. Après quelques péripéties, changement de train pour cause d'écartement des rails différent et difficulté d'expliquer qu'il ne faut pas mélanger les mâles et les femelles, ils peuvent repartir, les moutons dans 5 wagons bétaillères et eux trois dans un "wagon-lit" de marchandises, le foin prévu pour alimenter les animaux leur servant de lit.

À chaque gare, lors des arrêts, ils doivent alimenter et abreuver les animaux et trouver de quoi s'alimenter eux-mêmes. Le plus drôle : une nuit le train quitte la gare de Miskolc à 19 heures et roule toute la nuit. Nos trois convoyeurs se disent : "qu'est-ce que l'on a roulé cette nuit", et à 7 heures du matin quelle ne fut pas leur surprise de se retrouver dans la même gare de Miskolc. Pendant toute la nuit le train avait roulé pour vérifier le bon fonctionnement des aiguillages !

Il restait à traverser la Yougoslavie où, dans chacune des gares, le train passait au ralenti entre 2 rangs de soldats armés de mitraillette.

Enfin, après 3 semaines, le train arrive en gare de Vierzon à la tombée de la nuit. Francis Eychenne, adjoint de Claude Lefèvre à l'époque à la Sapinière, prévenu de leur arrivée, ira récupérer notre équipe de bergers à Vierzon, leur évitant de passer une nuit supplémentaire dans leur wagon de marchandises.

Pendant 3 semaines, ils n'avaient eu aucun contact ni avec la COFRANIMEX ni avec leurs familles à La Sapinière. Tout le monde se faisait du souci.



Photos : Gilles Cattiau

Mouton Romanov, le nom de cette race est celui d'une ville proche de Iaroslav au nord-est de Moscou.

Dans cet objectif, le premier protocole prévoit l'amélioration des caractères de reproduction de la brebis par différents croisements :

• la race locale réputée pour ses caractères de croissance et de boucherie : la Berrichonne du Cher,

• avec trois races réputées prolifiques : Cotentine, française ; Border-Leicester, anglaise ; Romanov, russe.

Parallèlement, il prévoit la création d'une race combinant les gènes des quatre races "Gene Pool".

Les 320 premières brebis berrichonnes arrivent en août 62. Un premier demi-hangar est construit route de Soye pour les animaux et le stockage des fourrages. La seconde moitié ne sera construite qu'en hiver et il faudra loger les brebis chez des agriculteurs, Messieurs Paviot et Dubois de la Sablonnière pendant quelques mois, l'année suivante.

Michel Ligney, muté de Bressonvilliers, sera le premier chef berger, secondé par Bernard Mondon.

La SICA d'Habitat rural du Cher est sollicitée pour réaliser les installations futures de la Sapinière.

1963 : premiers pas par un hiver sibérien

Le premier agnelage a lieu en février par des températures sibériennes aux environs de -30°, et pratiquement le peu d'agneaux ayant survécu devront être vendus à la boucherie. Il faisait si froid que le chien se creusait des galeries dans la paille et le degré de

Agneau INRA 401.

froid pouvait être mesuré par la distance à laquelle il s'enfonçait.

Près du hangar, un préfabriqué de 4 x 4 mètres est monté, certains l'appellent "bureau", d'autres "abri de chantier". Il succède à la camionnette "bureau", une Citroën HY ; celle-ci abritait déjà un téléphone que l'on oubliait et arrachait parfois lorsqu'il fallait démarrer en urgence.

C'est aussi l'année d'arrivée des fluides (eau, électricité), de l'ébauche de la voirie, de l'implantation de la bergerie A, du garage et des six pavillons. L'eau sera vite coupée par un obus rétif qui a eu la malencontreuse idée d'exploser sur la canalisation flambant neuve : ce sera la première fois, mais pas la dernière... L'eau gelait dans les canalisations et il fallait brûler des bottes de paille pour la dégeler.

Le personnel s'étoffe avec l'arrivée de Claude Lefevre qui prendra la responsabilité du troupeau ovin.

L'exploitation s'est développée, 240 ha répartis en 40 ha de céréales, 120 ha de prairies temporaires, 80 ha de parcours. La puissance de travail locale étant encore insuffisante, des renforts de Jouy-en-Josas, sont "descendus" huit jours faire les foins. L'expérience ne sera pas renouvelée ! entorses et mains abîmées ont montré qu'il ne s'agissait pas de "faire les foins" comme dans la littérature.

1964/1965 : équipements et bâtiments se développent ; l'expérimentation commence

■ LA SAPINIÈRE :

Pierre Cattin-Vidal, qui a pris en charge l'unité mécanographique du département, est remplacé par Maurice Molenat comme "responsable parisien".

Pierre Vieillard, un ancien de l'INRA, président de la SICAVYL, conseille la gestion du domaine.

[4] Les Anglais ont un système d'élevage très ancien, assez particulier, qui joue sur trois types de pâturages : on élève les femelles, Mules, Grey-face, 7-8 mois en montagne ou en colline où le coût d'entretien est moins élevé ; les mâles sont valorisés en plaine. Ce qui permet de réduire les coûts d'élevage durant le long temps nécessaire à la sélection et à la mise au point d'une souche. Nous en avons fait l'expérience dans le Massif central mais cela n'a pas marché. Les Anglais ont également admis que le métier d'éleveur pouvait beaucoup changer alors qu'en France, telle souche, centenaire, est liée à un nom d'éleveur en associant ancienneté du nom et qualité alors que les Anglais ont dissocié ces deux qualités, ce qui leur permet des adaptations plus rapides à la conjoncture.

L'expérimentation proprement dite commence sous la responsabilité d'Alain Desvignes, par la mise à la lutte, le 14 septembre 1964, de 450 brebis berrichonnes avec des béliers des trois races : Cotentine, Border-Leicester, Romanov.
Le personnel est logé dans les 6 pavillons terminés, dont un fait office de bureau. Les brebis de retour de pension chez des agriculteurs disposent enfin de la bergerie A (550 places). La bergerie B (550 places également) et un hangar à fourrage sont en construction.
L'arrivée des béliers Romanov, venus de Russie pour contrer la souche anglaise "cadzow improver" s'accompagne de quelques scènes épiques. Les blanches brebis berrichonnes, paniquées par ces béliers noirs qui leur fonçent dessus, s'éparpillent partout. Les béliers Romanov, avec beaucoup de vivacité, à leur tour sautent les barrières à la recherche de brebis qui voudraient bien d'eux. Les brebis prenaient-elles cet animal noir pour un chien de berger beauceron, un loup ou un sanglier ?
D'une certaine façon, c'est la compétition avec les Anglais qui nous a un peu forcés à accélérer la recherche d'un croisement plus prolifique : leurs brebis donnaient 1,1 agneau en moyenne contre 0,8 pour nous ; de longue date, les Anglais sont nos "ennemis" en deux domaines : les moutons et la marine (sheep and ship ! Maurice Molénat est aussi officier marinier de réserve). Nous ne voulions pas laisser abîmer la production ovine française [4].

▪ GALLE :
Un plan de masse d'installation des unités porcine et caprine est élaboré, un hangar à matériel est monté. Les aménagements conçus pour Galle recopiaient la Sapinière, mais les réalités de terrain contredisent parfois les vues "sur papier". Il fallait tenir compte que chèvres et vaches seraient élevées en stabulation ; les pâturages sont donc transformés en cultures, à la fois pour l'alimentation des animaux du domaine et pour la vente à l'extérieur. Dans leur élan, ceux qui défrichaient arrachaient tous les arbres ; il a fallu beaucoup de persuasion de la part du responsable du domaine pour en conserver une dizaine.

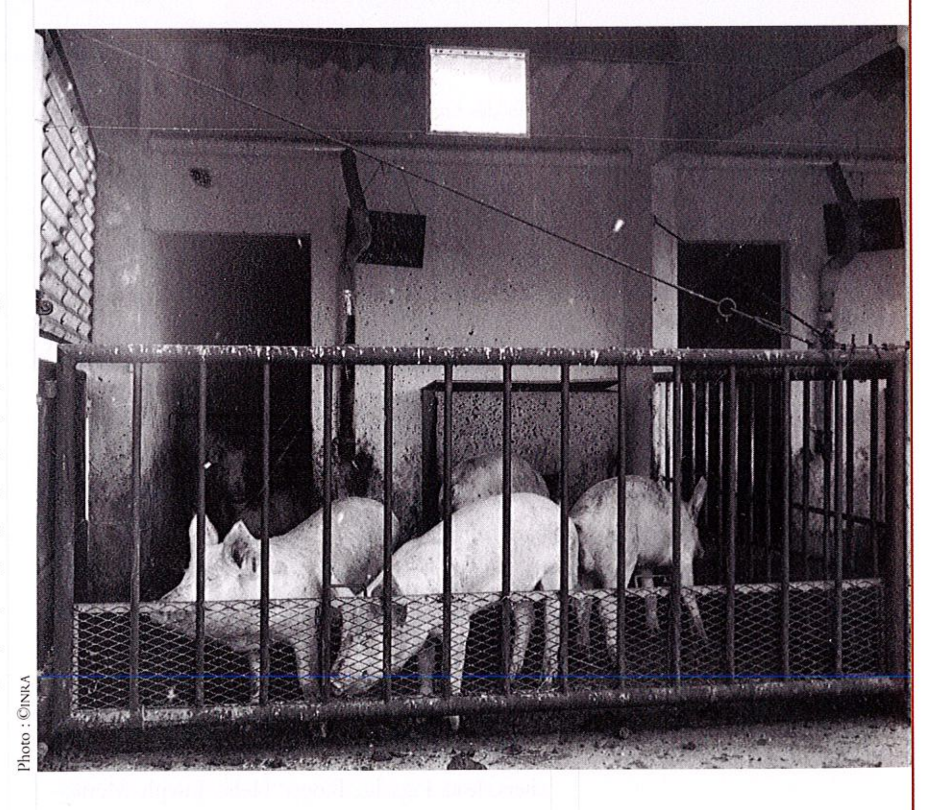
1965: après les ovins, les porcins

▪ LA SAPINIÈRE :
L'effectif atteint 1000 ovins, avec les quatre races de départ et les croisés. Ce melting pot ovin suscite les convoitises d'une jeune scientifique (Jeanne Pujol-Grosclaude) et de son technicien (Gérard Ruffet), qui viennent prélever le sang des agneaux et des mères pour l'étudier de plus près : c'est le développement à l'INRA des recherches sur les groupes sanguins ovins, sous l'impulsion de François Grosclaude.

▪ GALLE :
L'unité de Travaux Fonciers (UTF), service de l'INRA dirigé par Paul Puyaubert, réalise les plates-formes pour la chèvrerie (200 places), la maternité et l'atelier d'engraissement des porcs (10 bâtiments de 120 porcs) dans le vallon de Galle, surnommé à l'époque par le professeur Charlet, "le Dien Bien-Phu du porc". Il s'agissait en effet d'une cuvette au-dessus de laquelle passaient les tirs ; il avait fallu entailler le rocher de la colline sur 7-8 mètres pour faire une plate-forme et construire dix petites porcheries avant l'arrivée des premiers porcs. Les engins qui creusaient étaient fort chahutés mettant à mal les dos de leurs conducteurs.
Une centaine de truies de race Large White sont achetées et logées en attendant dans des wagons réformés de la SNCF.
Louis Ollivier, de Jouy-en-Josas, est le responsable scientifique du troupeau porcin.
Paul Guillimin, qui arrive de Poligny, est chargé de mettre en place le troupeau caprin.

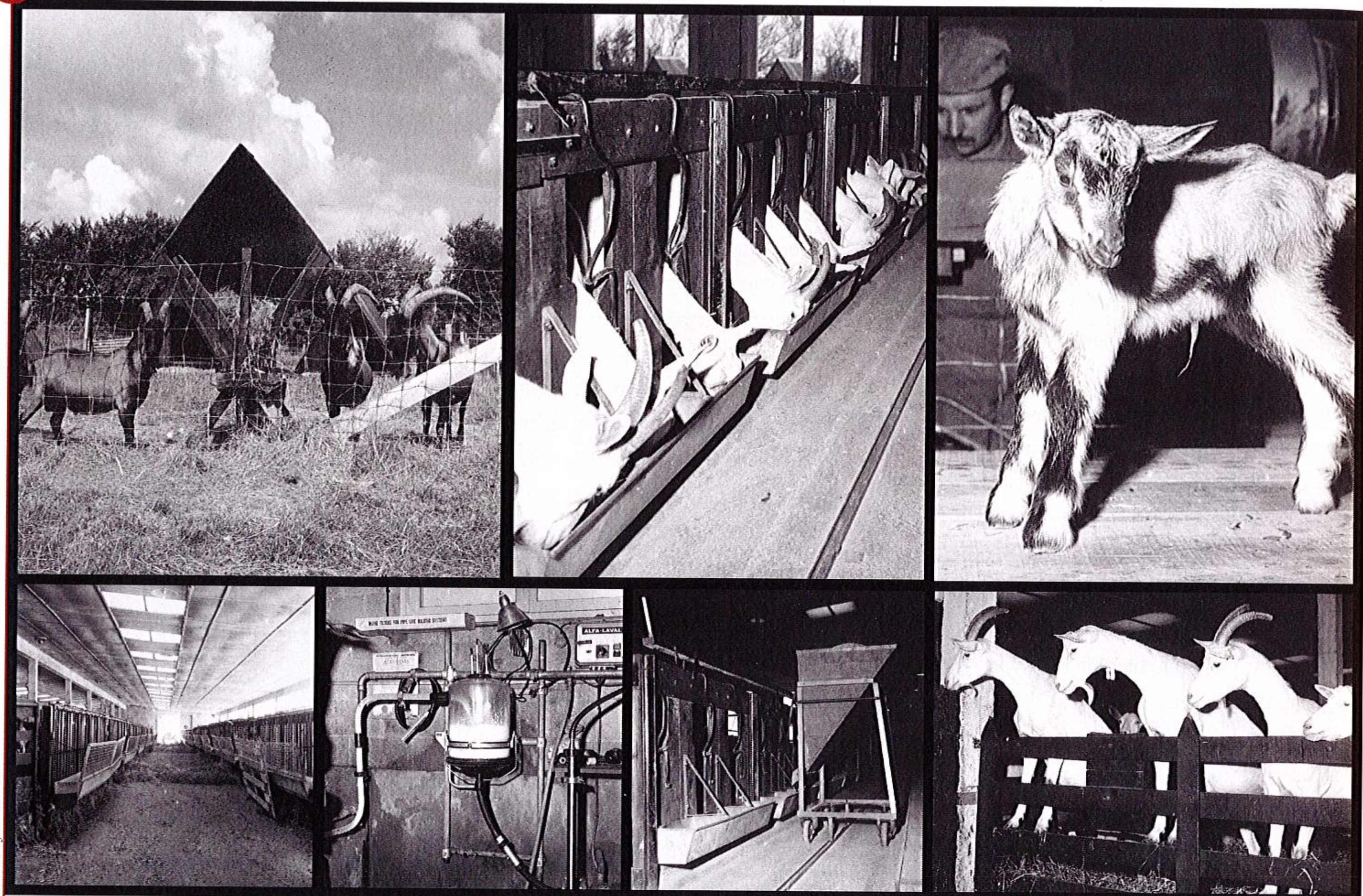


Photos : Gérard Paillard


Photo : ©INRA

1966: bovins et caprins viennent rejoindre les ovins et les porcins

▪ LA SAPINIÈRE :
La bergerie C (400 places) est construite par l'UTF avec des crédits de la DGRST (Délégation générale de la recherche scientifique et technique). Poursuivant la mise en œuvre des programmes intégrés de sélec-


Photos : Jean Weber

Années 65-70.
Boucs Alpins, brebis Saanen, cabri croisé.

tion des taureaux de races à viande destinés à l'insémination animale (loi sur l'élevage de 1966 et financement par la DGRST), sous la responsabilité de Jacques Frebling et de Bertrand Vissac, la première station de contrôle individuel pour la race *Charolaise* est implantée sur le domaine. Pour le compte de centres d'insémination artificielle, les premiers taureaux arriveront dès l'automne 1966 pour être évalués sur leur croissance, leur efficacité, alimentaire et leur morphologie, sous la conduite d'Yvon Guérin. Ce partenariat durera jusqu'en 1972, le temps que nos partenaires construisent leurs propres stations ; celle de La Sapinière sera alors reconvertie, quelques années plus tard, pour accueillir des ovins.

▪ Galle :

• **Élevage porcin :** la moitié de la maternité porcine est construite. Pierre Dando et trois animaliers porchers, Jean Pigache, Roger Helie, Joseph Montesquieu [5] arrivent de la Haizerie (Calvados) avec porcs et bagages ; les porcs sont de race Piétrain.

Deux expérimentations sont mises en place par Louis Ollivier et Christian Legault :

- sur le troupeau Large White : sélection sur la taille de la portée à la naissance, aucune expérience de sélection n'ayant encore été réalisée sur ce caractère.
- sur le troupeau Piétrain : étude du déterminisme héréditaire de l'hypertrophie musculaire.

• **Élevage caprin :** construction du hangar et de la salle de traite (2 x 10 places). Guy Ricordeau est le responsable scientifique de l'unité caprine. La chèvre est alors considérée comme le ruminant idéal pour les études de génétique : animal laitier à cycle de reproduction très court (première mise bas à un an), ayant une bonne fécondité et une bonne adaptation à l'élevage intensif.

Le premier protocole porte sur la comparaison et le déterminisme génétique du taux de matières azotées coagulables conditionnant l'aptitude fromagère du lait dans les trois races : Alpine chamoisée et Poitevine (Françaises) et Saanen (Suisse).

1967/1968 : les constructions continuent...

▪ La Sapinière : les bureaux actuels, une infirmerie pour les ovins.

▪ Galle : la chèvrerie de cabris et quatre pavillons de fonction.

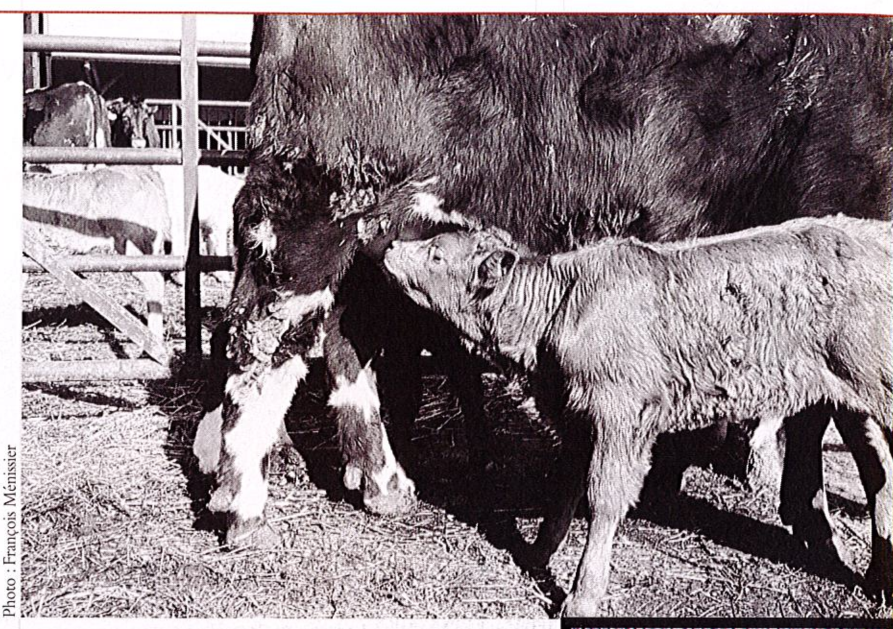
L'effectif est de 31 personnes à la fin de l'année.

Le domaine de Bourges devient le point de chute d'étudiants en quête de stage pour leur mémoire de fin d'études : c'est ainsi que l'élevage ovin accueille Jean-Claude Brunel en 1967, toujours responsable

[5] Tous les quatre ont disparu.

aujourd'hui du troupeau ovin de Bourges, et Pierre Darde en 1969.

1968, c'est aussi les "évènements" à Bourges : les ouvriers travaillent normalement mais la paie, reçue habituellement par mandat postal, n'arrive plus. Gérard Maurice met alors en place un transport de fonds original. Accompagné de ses 2 gardes du corps, Claude Lefevre et Jean-Claude Brunel, il effectuera plusieurs fois, en 4L, le voyage Bourges/ Jouy-en-Josas pour ramener les billets de la paye des ouvriers (les agents de l'époque) avec la consigne stricte : pas d'arrêt entre Jouy et Bourges. Mais il ne montait pas à vide ; en effet il y avait à côté de l'INRA, à Savigny-en-Septaine, une station de carburant qui était approvisionnée normalement. La 4L était donc remplie de jerricans d'essence pour le personnel de la Génétique animale de Jouy, entre autres Pierre Cattin-Vidal, Jacques Frebling, Alain Desvignes et même Jacques Poly, tous heureux de pouvoir circuler presque normalement dans la région parisienne privée d'essence.


Photo : François Ménissier

1969/1970 : avec les premiers résultats des recherches et la mise en place du *Vachotron*, s'achève la première génération d'expérimentations

Premier changement dans la direction du domaine : Gérard Maurice quitte l'INRA, Claude Lefevre assure l'intérim et sera secondé pendant le service national de Jean-Claude Brunel, par Francis Eychenne (maintenant responsable du domaine de Langlade à Toulouse) pour l'élevage ovin qui atteint son effectif actuel, 2000 brebis, agnelles et béliers. Les 3 hangars semi-plein air seront construits, un peu plus tard, à la Sapinière en 1973.

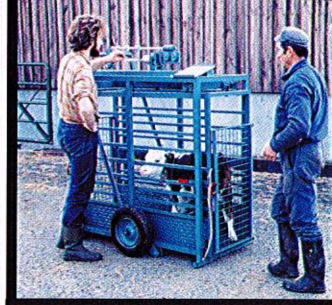
Déjà les premières études donnent des résultats :

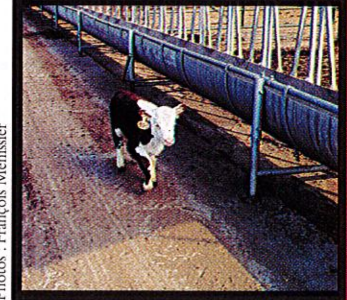
• en **ovins**, le croisement Berrichonne x Romanov s'avère le plus intéressant ; le protocole qui aboutira plus tard à la création de la souche INRA 401 [6] se met en place

• en **caprins**, à une époque où la majorité des chèvres était sans cornes, Guy Ricordeau étudie le déterminisme héréditaire du cornage et de l'intersexualité liée à l'absence de cornes

• en **porcins**, la succession des générations est plus rapide, Louis Ollivier et Christian Legault obtiennent et publient déjà des premiers résultats de l'expérience sur la prolificité des truies. (1ères journées de la Recherche porcine)

• pour les **bovins** à viande, 1969 est l'année de démarrage en force, avec la construction des installations du *Vachotron* à Galle, grâce aux aides financières du ministère de l'Agriculture (crédits dits *Edgar Faure*), pour accueillir le premier programme expérimental (*Vachotron 1* : comparaison des races à viande françaises en race pure et en croisements) élaboré par Bertrand Vissac et l'équipe bovins à viande de la station de génétique animale de Jouy-en-Josas (Bernard Bibé, François Ménissier, Jacques Frebling et Bernard Perreau). L'appellation *Vachotron* serait issue d'une première visite des installations de Michel Cointat (ministre de l'Agriculture) avec Jacques Poly, faisant référence à un célèbre équipement d'étude de la croissance des végétaux, le "phytotron" (perspectives internationales, puissance du dispositif et acquisition d'un grand nombre de données). La conception et la réalisation de ces installations expérimentales sont entièrement confiées à Bernard Perreau compte tenu de ses compétences techniques et de son expérience passée d'éleveur… qui ne seront mises en défaut qu'une fois, par la sollicitude de nos bailleurs (ETBS) : afin de s'abriter des vents, les installations ont été judicieusement positionnées à l'abri d'imposantes buttes de terre protectrices qui, au moment de la construction, furent enlevées par nos bailleurs afin de ne pas gêner nos travaux. Bernard Perreau, par mobilité volontaire, prendra alors la direction du *Vachotron* avec l'arrivée des premières génisses fondatrices.




Photos : François Ménissier

Vachotron. Pesage du veau.

Avec l'embauche de l'équipe de vachers, l'effectif en personnel du domaine de Bourges atteint son régime de croisière : 48 postes.

La responsabilité scientifique du troupeau ovin est transmise à Léon Tchamitchian et à Guy Ricordeau de la station de Génétique des Petits Ruminants (future SAGA) qui décentralise et s'installe à Auzeville au centre INRA de Toulouse.

La suite n'est pas encore de l'histoire, mais de l'actualité. ■

[6] On verra plus loin dans le texte des Recherches ovines les croisements successifs qui ont permis d'obtenir la célèbre "INRA 401".

Recherches sur l'élevage ovin

Le thème majeur étudié à la Sapinière a été pendant longtemps l'augmentation du nombre d'agneaux nés et élevés par portée. Depuis quelques années, l'activité s'est élargie d'abord à la génétique des aptitudes à la croissance, aux qualités bouchères et à la consommation d'aliments, puis à la génétique de la résistance aux maladies.



Photo : Gilles Cattiau

INRA 401 brebis prolifique avec sa portée de 2 agneaux.

Unité ovine
Jérôme Bernard
Michel Besson
Bruno Bouquet
Yves Bourdillon
Jean-Claude Brunel, responsable d'unité
Alain Burtin
Thierry Fassier
Didier Marcon
Hervé Morin
Serge Py
Eric Thévenot

Aptitudes de reproduction

L'originalité des travaux de recherches sur les aptitudes de reproduction repose principalement sur l'étude d'une nouvelle population, la race Romanov importée de Russie en 1963, et sur les modalités de son utilisation en croisement dans un premier temps puis à travers la création d'une lignée synthétique [1]. 40 ans après le début de ces travaux l'unité expérimentale joue encore pour cette population originale un rôle de conservation génétique.

Études concernant la brebis prolifique Romanov

• La race russe Romanov : originalité, gestion de la variabilité génétique

C'est une race très prolifique qui met bas en moyenne 3 agneaux par agnelage. Elle présente par contre de faibles qualités bouchères et une mauvaise qualité de laine. Elle avait été repérée par Jacques Poly et le professeur Charlet lors de missions en URSS au tout début des années 60. Le développement de la race Romanov en France a été conduit à partir d'un nombre limité d'importations en provenance d'URSS, la plupart réalisées par la société INTERAGRA de Jean-Baptiste Doumeng. Le troupeau de la Sapinière comporte des descendants des animaux importés en 1963, 1970 et 1977 ayant conduit à la constitution de 15 familles. Les accouplements sont conduits en renouvellement familial selon la voie père-fils. La description des performances zootechniques observées en race pure à la Sapinière a été publiée par Alain Desvignes et Claude Lefevre en 1969 [1]. Une estimation de l'apparentement et de la consanguinité réalisée en 1996 a montré l'efficacité de la méthode de conservation de la variabilité génétique. Il est envisagé d'inclure les marqueurs moléculaires dans une étude à venir.

Des exportations de reproducteurs au départ de la Sapinière ont eu lieu vers 1980 à destination de l'Afrique du Sud et du Canada, d'où certaines ont été diffusées vers les USA.

• Comparaison des races hyperprolifiques Romanov et Finnoise (1970-1975)

À la demande des organisations professionnelles ovines, il a été procédé pendant quelques campagnes de reproduction à une comparaison entre brebis Romanov et Finnoises. La supériorité de la Romanov était minime en prolificité mais importante au niveau du comportement maternel des brebis et par voie de conséquence sur la viabilité des agneaux. Ce résultat [2] a renforcé notre conviction concernant l'intérêt du génotype Romanov, alors que nos collègues anglo-saxons préférèrent créer des races synthétiques à partir de Finnoises qui présentaient à leurs yeux l'avantage d'une couleur de laine blanche.

[1] Lignée associant les caractéristiques qui étaient séparées chez les types génétiques qui sont à son origine.

• Mesure du progrès génétique de la lignée Romanov de Langlade (1992-1997)

Une expérience de sélection des brebis Romanov sur les composantes de la taille de portée, le taux d'ovulation et la viabilité embryonnaire, a été conduite par Guy Ricordeau, Jean-Paul Poivey et Daniel Lajous, au domaine de Langlade (centre de recherche de Toulouse) de 1978 à 1994. Des descendances de 2 cohortes de béliers de Langlade ont été mises en place à la Sapinière pour mesurer le progrès génétique réalisé, le troupeau Romanov de la Sapinière non sélectionné servant de témoin. Les résultats [3] ont montré que le progrès génétique mesuré était conforme à celui estimé par calcul : 0,04 ovule/an, ce qui permet de gagner en 25 ans un ovule à chaque ovulation.

• Introgression du gène de prolificité Booroola

Ce gène à effet majeur sur la prolificité a été découvert dans un troupeau de Mérinos australien issu de la ferme Booroola. Le protocole d'introgression [2] dans la race Romanov a débuté en 1986 avec deux objectifs. Le premier consistait à tester l'hypothèse d'origines génétiques différentes de l'hyperprolificité des brebis Romanov et de celle des Booroola. Cette hypothèse s'étant vérifiée par la production d'animaux déviants, à très haut niveau d'ovulation, le second objectif put être réalisé [4], à savoir la production d'animaux à taux d'ovulation extrêmes, matériel d'étude recherché par les physiologistes de la reproduction [3] pour la compréhension des mécanismes physiologiques de la croissance des follicules et de l'ovulation. Le processus d'introgression a conduit à l'obtention des premiers animaux Romanov porteurs homozygotes du gène Booroola en 1998★. Actuellement le troupeau comporte 15 béliers et 30 brebis homozygotes, et 50 brebis hétérozygotes.

Études concernant la race Romanov en croisement

• Amélioration de la productivité numérique de la brebis Berrichonne du Cher par croisement (1963-1970)

Comme décrit dans la création du domaine, la race Berrichonne a été croisée avec trois races prolifiques : la Cotentine l'une des races françaises les plus prolifiques, la Border-Leicester britannique et standard international bien décrit par nos collègues anglo-saxons et la Romanov.

Les croisements à partir de deux races et de trois races ont démontré la supériorité du croisement Romanov dans toutes les configurations.

Après avis de la Commission nationale d'amélioration génétique [4], le ministère de l'Agriculture a autorisé en 1968 la diffusion des reproducteurs Romanov auprès d'éleveurs privés, ainsi que de nouvelles importations en provenance d'URSS. Cette race a été dès lors utilisée en croisement double étage [5] dans de nombreuses régions françaises. On a ainsi dénombré près de 100 000 brebis croisées Romanov en France dans les années 70.

• Étude du croisement Berrichon du Cher-Romanov (1970-1980)

Les ovins croisés Romanov-Berrichon ont été les seuls conservés après ces études. Les croisés de première génération dits F1 ont été accouplés entre eux pour former la génération F2 [5]. Guy Ricordeau et Léon Tchamitchian ont étudié ce croisement jusqu'à la quatrième génération F4. Ils ont observé que la taille de portée ne présentait pas de phénomène d'hétérosis, c'est-à-dire que les brebis de trois générations (F2,F3,F4) conservaient la taille de portée (200 agneaux pour 100 brebis mettant bas) observée en F1, elle-même située à moyen terme entre les races parentales Berrichon du Cher (130%) et Romanov (270%) [6].

De là l'idée proposée d'utiliser cette brebis croisée Berrichon-Romanov F4 comme une race pure, élevage beaucoup plus facile à réaliser qu'un croisement double étage [7].

Face à une demande d'éleveurs de brebis croisées Romanov d'utiliser cette nouvelle population appelée INRA 401, l'INRA a proposé un schéma de diffusion expérimental qui a fait l'objet d'une autorisa-

[2] Processus par lequel du matériel génétique est transféré d'une espèce ou d'un complexe d'espèces dans une autre par le biais de l'hybridation.

[3] Fabre, Cognié & coll., UMR PRC Nouzilly.

[4] Commission nationale d'amélioration génétique : commission créée par la Loi de l'Élevage de 1966, paritairement composée de représentants de l'Administration et de représentants des filières des animaux d'élevage. Elle est réunie par filière par le Bureau de la sélection de la direction de la production et des échanges internationaux du ministère chargé de l'Agriculture et émet des avis sur les sujets qui lui sont soumis.

[5] Croisement double étage : se dit d'un croisement en deux étapes, la 1ère étape consiste à croiser 2 races plutôt à vocation maternelle, la 2ème consiste à recroiser la femelle croisée avec une race plutôt à vocation bouchère.

★ Le génotypage a été effectué d'après le seul phénotype du taux d'ovulation jusqu'en 1997, puis avec des marqueurs proches du gène jusqu'en 2000, puis par le gène lui-même depuis 2001 au LGC de Toulouse, Mulsant & coll.


Berrichon du Cher

Photos : ©INA-PG


Mâle Solognot — INRA 401 mâle — Romanov mâle — Blackbelly mâle

Photos : Gilles Cattiau


Photo : Gilles Cattiau

Brebis INRA 401 et Romanov en pâture.

Pour en savoir plus
[1] Desvignes et Lefèvre, 1969, *Bull. tech. Dép.Génét. Anim* 7, Rapport 13, 1-4.
[2] Brunel, Lefèvre et Tchamitchian, 1975, *1ères Journées de la Recherche Ovine & Caprine*, 2, 3-17.
[3] Lajous, Poivey, Bodin, François, Bibé, Ricordeau, Brunel *et al*, 1998, *Renc. Rech. Ruminants*, 5, 111-113.
[4] Elsen, Bodin, François, Poivey et Teyssier, 1994, *Proc 5th WCGALP*, 19, 237-244.
[5] Ricordeau, Tchamitchian, Lefèvre, Brunel et Desvignes, 1976, *Ann. Génét. Sél. Anim.* 8, 405-409.
[6] Ricordeau, Razungles, Tchamitchian, Lefèvre et Brunel, 1982, *Ann. Génét. Sél. Anim.* 14, 327-352.
[7] Razungles, Tchamitchian, Bibé, Lefèvre, Brunel *et al*, 1985, *In Land, Genetics of Reproduc. in sheep*, 39-45.
[8] Tchamitchian, Lefèvre, Brunel, Bibé et Ricordeau, 1986, *Proc 3rd WCGALP*, 9, 535-540.
[9] François, Brunel, Bibé, Poivey, Gaillard, Weisbecker, et Rives, 1998, *Renc. Rech. Ruminants*, 5, 141-143.
[10] Bibé, Brunel, Bourdillon, Loradoux, Gordy, Weisbecker et Bouix, 2002, *Proc 7th WCGALP*, 31, 335-338.
[11] François, Marie, Bibé, Barillet, Weisbecker, Guillouet *et al*, 1997, *Renc. Rech. Ruminants*, 4, 219-222.
[12] François, Bibé, Bouix, Brunel, Weisbecker et Ricard, 2002, *Proc 7th WCGALP*, 31, 233-236.
[13] François, Praud, Bouix, Perret, Bibé, Brunel, Sagot, Merieau et Kuppel, 2003, *Renc. Rech. Ruminants*, 10. 193-196
[14] Moreno, Lantier, Berthon, Boivin, Lantier I, Brunel, Weisbecker, François *et al*, 2003, GSE, 35, 199-217.
[15] Moreno, Bouix, Brunel, Weisbecker, François, Lantier et Elsen, 2001, *Livestock Pr. Sc*, 69, 227-232.
[16] Allain, Lantier I, Elsen, François, Brunel, Weisbecker, Schibler *et al*, 1998, *Proc 6th WCGALP*, 24, 51-54.
[17] Gruner, Aumont, Getachew, Brunel, Pery, Cogné et Guérin, 2003, *Vet. Parasitolgy*, 116(3), 239-249.

tion et d'un soutien financier du ministère chargé de l'Agriculture après avis de la CNAG en 1978.

• Diffusion expérimentale des ovins INRA 401
La première étape (1979-1983) a été la comparaison dans les élevages concernés, des performances d'élevage des brebis dites G1 issues de brebis F1-Romanov et béliers INRA 401 avec des brebis F1 contemporaines.
Les brebis G1 se montrant équivalentes aux F1, Léon Tchamitchian proposa dans une seconde étape aux éleveurs de poursuivre le croisement d'absorption [6] en procréant des brebis G2, puis des G3, enfin des G4 considérées comme brebis INRA 401 [8].
L'Association des éleveurs utilisateurs de la souche INRA 401 (AUSI-401) s'est créée en 1986. La souche a été reconnue comme une race en 1991. Elle concerne en 2003 environ 160 élevages et 50 000 brebis dont 11 500 brebis en contrôle de performances.

• Sélection de l'INRA 401
Le troupeau-pépinière de brebis F4 a été fermé en 1989. La sélection avait débuté avec les premières F4 dès 1980 pour la prolificité. En 1985, la sélection conjointe de l'aptitude des brebis à l'allaitement a été ajoutée au protocole de recherche. À partir de 1989, la sélection des jeunes béliers sur la croissance et les aptitudes bouchères a complété le processus de sélection. Jusqu'en 1999, la Sapinière a sélectionné chaque année une centaine de béliers diffusés vers une vingtaine d'éleveurs sélectionneurs-associés. Ces derniers produisent des agnelles et des béliers pour des éleveurs utilisateurs. Aujourd'hui la production des éleveurs-sélectionneurs est suffisante pour leur permettre, après une évaluation génétique de leurs troupeaux en comparaison avec les brebis de la Sapinière réalisée en 1998, de produire eux-mêmes leurs béliers. Le processus de transfert de la race INRA 401 est ainsi mené à son terme [9].
La gestion en 15 familles de cette population INRA 401, calée sur celle de notre population Romanov, a été réalisée depuis le début de l'expérimentation. C'est aujourd'hui un dispositif très intéressant pour l'estimation des paramètres génétiques des nouveaux caractères mesurés, mais aussi compte tenu des effectifs que l'unité expérimentale peut élever, bien adapté à la recherche de QTL.

Aptitudes de croissance, de qualités bouchères et d'ingestion

Les recherches sur ce groupe de caractères ont été menées grâce à 2 outils : la station multiraciale de contrôle de descendance Berry-Test ouverte en 1977 à Baugy à 20 km d'Osmoy et la station de contrôle individuel des jeunes béliers de race INRA 401 ouverte à la Sapinière en 1989.

De 1977 à 2001, le personnel de la Sapinière a participé activement à **l'amélioration génétique des aptitudes bouchères des races spécialisées pour la production de viande, dans le cadre de la station de testage Berry-Test**. Claude Lefevre de 1977 à 1988 puis Jean-Claude Brunel de 1989 à 1995 ont assuré la direction de cette station. Des mesures sur les carcasses en abattoir (1000 à 1500 agneaux tous les 8 mois) ont été réalisées essentiellement par des agents de la Sapinière. Les données ont été traitées à

la SAGA [7] à Toulouse, où l'évaluation génétique des béliers a été assurée.

Le protocole de testage sur descendance consistait à accoupler 5 groupes de 10 béliers de chacune des races bouchères adhérentes à la station avec des brebis croisées Berrichon-Romanov (1977-1993) puis avec des INRA 401. La croissance et les caractères bouchers des agneaux ainsi procréés ont été mesurés. Ce dispositif a permis à la fois de tester plus de 1 000 béliers, d'estimer les paramètres génétiques des aptitudes bouchères des races utilisées en France [10] et de réaliser diverses expérimentations, telles que la mesure de la composition corporelle *in vivo* par échographie dorsale au niveau de la dernière côte.

Le programme s'est arrêté en 2001 pour être relayé par la mise en place des "alternatives à Berry-test", source d'intenses discussions entre toutes les familles professionnelles concernées par la production d'agneaux de boucherie, mais également avec la recherche. Le rôle central occupé par cette station est donc en passe d'être repris sous d'autres formes, mais c'est le protocole dit "Berry-test" qui va être utilisé dans les nouvelles organisations. Il faut rappeler aussi que les résultats originaux de paramètres génétiques utilisés en France pour l'indexation des reproducteurs sur la qualité des agneaux ont été obtenus à Berry-test.

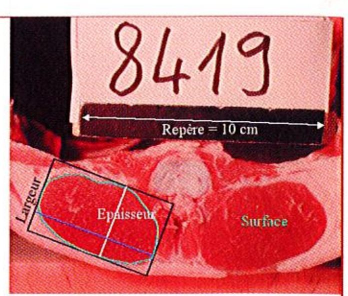
La Station de contrôle individuel (SCI) comme la quinzaine d'autres SCI fonctionnant pour les autres races en France permet le contrôle des aptitudes de croissance et de composition corporelle de jeunes béliers entre 3 et 5 mois d'âge. Les candidats sont sélectionnés à l'entrée sur la valeur génétique estimée de leurs père et mère. À la sortie une sélection massale [8] est pratiquée après estimation des valeurs génétiques. La SCI de la Sapinière est le support d'études appliquées souvent soutenues financièrement par le ministère chargé de l'Agriculture.

C'est le cas notamment de **l'étude de l'ingestion et de l'efficacité alimentaire**. Dans le cadre de l'amélioration génétique des aptitudes de croissance des ovins, une étude est actuellement menée sur la pertinence de la prise en compte de nouveaux caractères sélectionnables. Il s'agit de la consommation alimentaire ou appétit, de son rapport à la croissance : l'indice de consommation, et *in fine* de l'efficacité alimentaire.

La première phase (1992-1995) a consisté à mettre au point avec une firme privée un matériel de mesures individuelles à l'aide d'un distributeur automatique d'aliments concentrés, fiable et acceptable par un animal à comportement grégaire [11].

La seconde phase a consisté en la mesure de la consommation détaillée de 750 béliers entre 1996 et 2000 pendant le protocole de contrôle individuel. Les paramètres génétiques des caractères de consommation et des caractères de croissance et de composition corporelle ont été estimés montrant une héritabilité élevée de l'ingestion "corrigée" (à croissance et composition corporelle équivalentes), ainsi que des corrélations génétiques favorables ou neutres entre ces caractères [12].

Depuis 2001, les mesures se poursuivent avec un aliment complet, ce qui a permis de supprimer le fourrage grossier de la ration et donc de mesurer l'ingéré total. L'impact d'une sélection des pères pour le critère ingestion "corrigée" sur la consommation de fourrage de leur filles a été mesuré en lots en 2002. Le lien est favorable. La répétition de ces mesures sur de jeunes béliers est en cours dans une autre SCI de l'Aveyron.



Mesures du développement du muscle long dorsal d'agneau (noix de côtelette). Un tour de main a été développé à la Sapinière pour obtenir une coupe très nette permettant une mesure très précise.

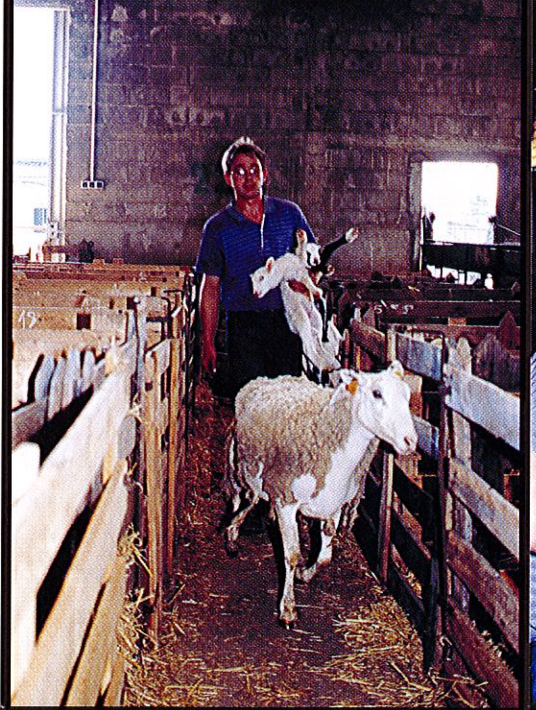
[6] Croisement d'absorption : utilisation génération après génération de béliers d'une même race pour tendre à procréer des agneaux de race pure.

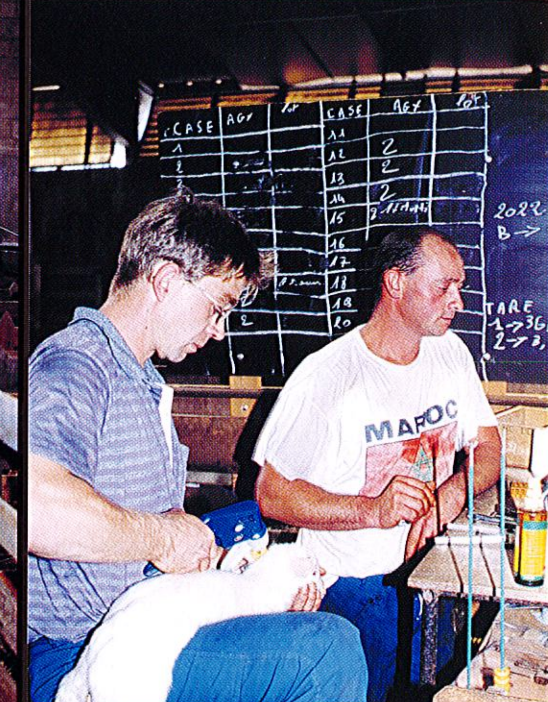
[7] SAGA : Station d'amélioration génétique des animaux, centre INRA de Toulouse.

[8] Méthode de sélection artificielle consistant à choisir comme reproducteurs à chaque génération certains individus pour des caractères phénotypiques particuliers dans la masse des candidats de la population, sans se soucier de leurs apparentés, ascendants, collatéraux ou descendants.


Photo : Gilles Cattiau

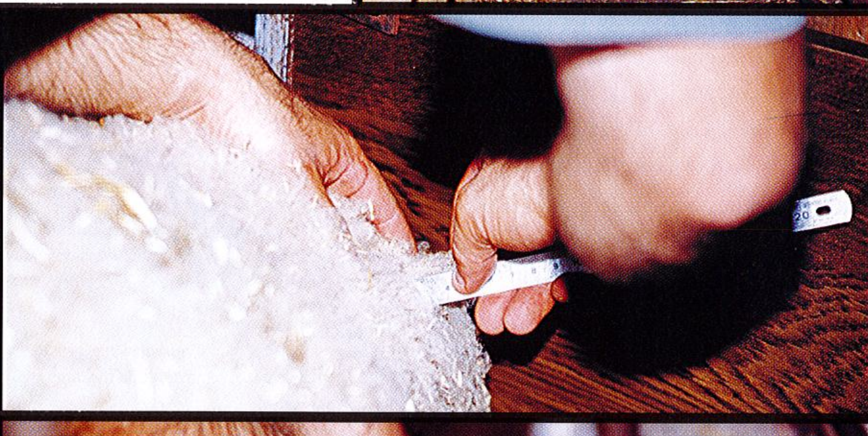
Béliers Romanov et INRA 401.





► INRA 401. Saisie des données de mise bas. Identification des agneaux.

▼ Mesure de la longueur des mèches et prélèvement d'un échantillon de laine.





Photos : Gilles Cattiau

Une étude de **l'impact de l'âge à l'entrée en SCI** est conduite depuis 2001 pour savoir si l'entrée à un âge trop avancé (4 mois au lieu de 3 mois préconisés) n'induit pas un biais dans les estimations des valeurs génétiques de la croissance et de la composition corporelle.

Une expérience de démonstration de **réponses à la sélection en SCI** menée avec l'Institut de l'Élevage s'est déroulée de 1999 à 2001. Des béliers de race Mouton Vendéen ont été sélectionnés en sortie de SCI en 1999 sur l'index Croissance et en 2000 sur l'index Développement musculaire. Des descendances ont été procréées sur les 2 sites du domaine du Mourier (Haute-Vienne, Institut de l'Élevage) et de la Sapinière. Les mesures de croissance et de développement musculaire effectuées sur les 350 agneaux procréés ont montré une réponse observée de 60 à 130% de la réponse attendue selon les années, les caractères et les sites expérimentaux [13].

Résistances aux maladies

Résistance génétique à la Salmonellose ovine

En partenariat avec des pathologistes de Nouzilly [9] et des généticiens moléculaires [10], une expérience concernant l'analyse génétique de la résistance à la Salmonellose ovine a été conduite de 1994 à 2000. Une première phase a permis de tester la descendance de 30 béliers sur la réaction à la vaccination anti-salmonellique. L'hérédité polygénique de ce caractère a été établie. La recherche de gènes à effet quantitatif a été opérée sur ce dispositif comportant 1200 agneaux et a permis la détection de zones du génome influant significativement sur les caractères de résistance à la Salmonelle, de conformation et de caractéristiques de la toison [14, 15, 16]. Aucun QTL [11] n'a par contre été mis en évidence sur les caractères de croissance.

Résistance génétique au parasitisme gastro-intestinal

En partenariat avec des parasitologues de Nouzilly depuis 1996 [12], plusieurs expérimentations ayant trait au parasitisme sont conduites. L'hypothèse selon laquelle le critère de mesure de la résistance aux strongles gastro-intestinaux (nématodes), à savoir le moindre niveau d'excrétion d'œufs de parasites, serait pertinent pour réduire la charge parasitaire au pâturage a été vérifiée : la régulation de la population de parasi-

9 F. Lantier & coll. de l'unité PII de Nouzilly.

10 D. Vaiman & coll. au LGBC de Jouy-en-Josas, F. Pitel au LGC de Toulouse.

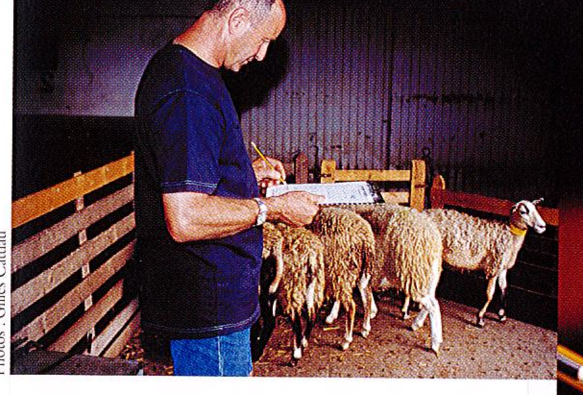
11 Quantitative trait locus : gène impliqué dans l'expression d'un caractère quantitatif polygénique et mis en évidence par sa liaison avec un ou plusieurs sites de restriction l'encadrant sur un chromosome.

12 L. Gruner & coll., de l'unité BASE de Nouzilly.

13 Jacquiet & coll., de l'UMR 1225 ENVT.

14 Boissy, Le Neindre & coll., URH Theix.

15 Laville, Terlow & coll., SRV Theix.



Photos : Gilles Cattiau

tes dans une prairie de Nouzilly pâturée de 1998 à 2001 par des moutons faibles excréteurs sélectionnés à la Sapinière a été démontrée. La résistance simultanée aux trois espèces dominantes de parasites a été précisée. Des comparaisons de la résistance entre les races INRA 401 à Bourges et la race Blackbelly observée au centre INRA de la Guadeloupe vis-à-vis de deux espèces de parasites en 1999 et 2000 ont montré que l'INRA 401 est un génotype sensible et que le Blackbelly est plus régulé (résistant).

Une comparaison réalisée fin 2001 des 2 races pures et des croisés, tous procréés et élevés à la Sapinière, a montré des résultats concordants avec les deux parasites étudiés et permis de préciser les effets de l'espèce de parasite, de la race et de l'âge de l'agneau sur l'acquisition de la résistance [17]. Sur la base de ces différences de résistance à ces 2 parasites, un protocole de détection de QTL a été mis en place à la Sapinière. 200 descendants de chacun des 5 béliers INRA 401 x Blackbelly ont été procréés en 2002-2003. Les mesures phénotypiques (comptage d'œufs de parasites excrétés dans les fécès) sont réalisées entre 3,5 et 6 mois d'âge. Les 300 agneaux de phénotype extrême (forte ou faible excrétion) sont autopsiés à Nouzilly pour un bilan parasitaire détaillé. Ils feront l'objet d'une étude de leur génome par marqueurs moléculaires. Des prises de sang ont été également réalisées pour l'étude des bases immunitaires de la résistance par l'École vétérinaire de Toulouse [13].

Caractères d'adaptation

L'adaptation au milieu d'élevage fait l'objet d'une réflexion en cours sur un protocole partagé entre le troupeau INRA 401 de la Sapinière (1500 reproductrices dont 700 brebis adultes) et le troupeau de 300 brebis INRA 401 mené en plein air intégral sur le parcours du domaine de La Fage (Aveyron). Les caractères de comportement : comportement maternel de la brebis envers ses agneaux, comportement entre agneaux, comportement face à l'homme et les caractères de protection de l'agneau nouveau-né par sa toison font l'objet d'études préliminaires à la Sapinière et sont poursuivies à La Fage avec les éthologues de l'URH à Theix [14].

Un projet de recherches étudiant les relations entre le comportement, le stress à l'abattage et la qualité de viande est en cours d'élaboration avec l'URH et la SRV [15]. Ce projet vise à générer sur 2 groupes d'animaux choisis pour leur différence de réactivité, des niveaux de stress variables induits par des conduites d'élevage et par des traitements avant abattage. ■



Notation de la mue du pelage.



Recherches sur la résistance génétique aux parasites : croisés INRA 401 x Blackbelly.

Recherches sur l'élevage porcin

Les recherches en génétique porcine ont principalement porté sur l'analyse de la prolificité des truies et des composantes de la taille de la portée à la naissance (taux d'ovulation et taux de survie embryonnaire), d'une part, et sur différents aspects touchant à la qualité de la viande (variabilité entre races, déterminisme génétique, relations avec le développement musculaire), d'autre part. Plus récemment, des recherches sur le comportement et les aptitudes maternelles de la truie ont été entreprises.

Unité porcine
Jean-Marcel Gogué, responsable d'unité
Lucien Gressin
Yves Guérin
Olivier Herhel
Henri Jouet
Martial Lapoumeroulie
Daniel Maginiot
Jean-Claude Plançon
Michaël Troquet


Photo : Gilles Cattiau

Porcelets de race Large White en maternité.


Photo : Catherine Madzak

Porc Piétrain.

Premières recherches 1965-1987

Sélectionner sur la prolificité

La première expérience de longue durée mise en place à Bourges, sous la responsabilité scientifique de Louis Ollivier, a concerné la sélection sur la prolificité de porcs de race Large White. Commencée en 1965, cette expérience a comporté 16 générations de sélection et a pris fin au milieu des années 80. Elle a donc été, pendant une vingtaine d'années, l'"épine dorsale" du troupeau porcin de Bourges, et plusieurs autres expérimentations s'y sont rattachées d'une façon ou d'une autre.

Cent à 130 truies Large White étaient, chaque année, impliquées dans l'expérience de sélection, et deux lignées étaient entretenues : une lignée sélectionnée pour une forte taille de portée à la naissance (LWS) et une lignée témoin maintenue sans sélection (LWT).

Chaque truie produisait en principe deux portées : la première en race pure (pour les besoins du renouvellement) et la seconde en croisement (avec du Piétrain ou d'autres races, voir plus loin). À partir de la 10e génération de sélection, la lignée sélectionnée, conduite jusque-là en lignée fermée [1], a été "ouverte" par croisement avec une autre lignée Large White hyperprolifique sélectionnée au domaine INRA de Rouillé. En fin d'expérience, la supériorité de la lignée sélectionnée LWS était de l'ordre de 1,7 porcelet né par portée : cette supériorité était moins marquée pour les premières portées que pour les suivantes, et elle semblait due pour l'essentiel à un accroissement du nombre d'ovules pondus par cycle [1].

Rechercher les meilleurs plans de croisement

Un troupeau de porcs Piétrain, race belge à très fort développement musculaire, a été entretenu à Avord dès la création de l'élevage et jusqu'au début des années 90. La taille de ce troupeau a varié dans le temps, en fonction des protocoles expérimentaux qui le concernaient, une trentaine de truies les premières années puis 70 à 80 pendant la décennie 1973-82.

La première étude impliquant le Piétrain a porté en 1968-69 sur l'intérêt du croisement simple entre verrats Piétrain et truies Large White pour la production de porcs charcutiers, afin de confirmer les premiers résultats obtenus par E. Knoertzer après l'importation du Piétrain en France par les professionnels à la fin des années 50.

[1] Population maintenue sans introduction de gènes extérieurs.

[2] Verrats utilisés en croisement pour la production de porcs charcutiers.

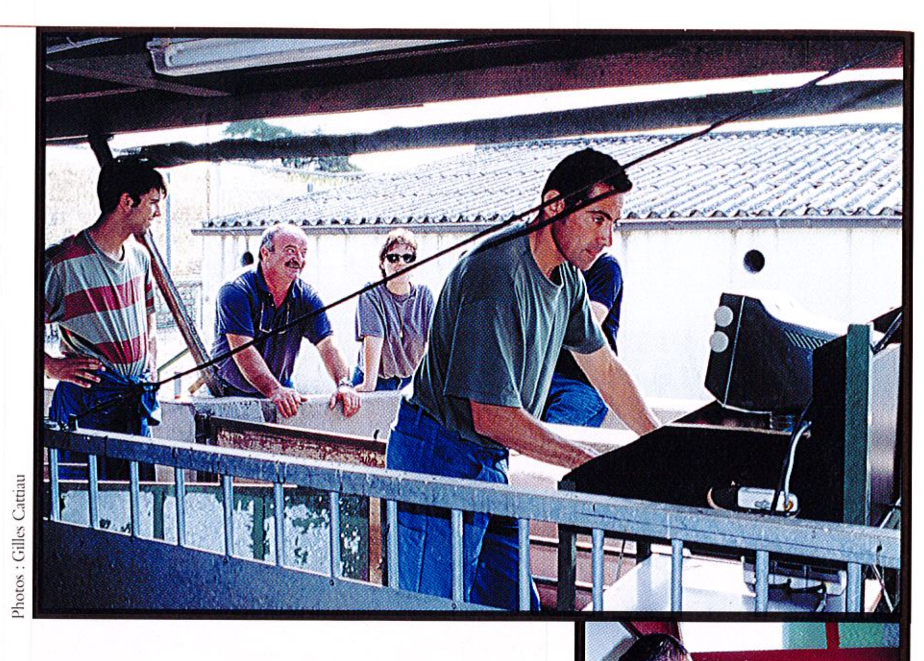
Sur les secondes portées, des truies Large White de l'expérience de sélection, une série de comparaisons ont été réalisées de 1969 à 1973 pour évaluer en croisement, par rapport au verrat Piétrain de race pure (pris comme témoin), les qualités de plusieurs autres types génétiques de verrats terminaux [2] Blanc de l'Ouest, Blanc de l'Ouest x Piétrain, Hampshire et Hampshire x Piétrain. Il s'agissait des premières étapes d'un vaste programme d'évaluation de lignées mâles, qui s'est poursuivi au domaine de Rouillé notamment et dont la spécificité, pour l'époque, était de mettre un accent tout particulier sur la qualité de la viande. Le volet "Blanc de l'Ouest" réalisé à Avord [2] n'a pas vraiment confirmé la bonne réputation en matière de qualité de la viande de cette race, qui est aujourd'hui l'une des races locales françaises concernées par le programme national de conservation des ressources génétiques porcines.

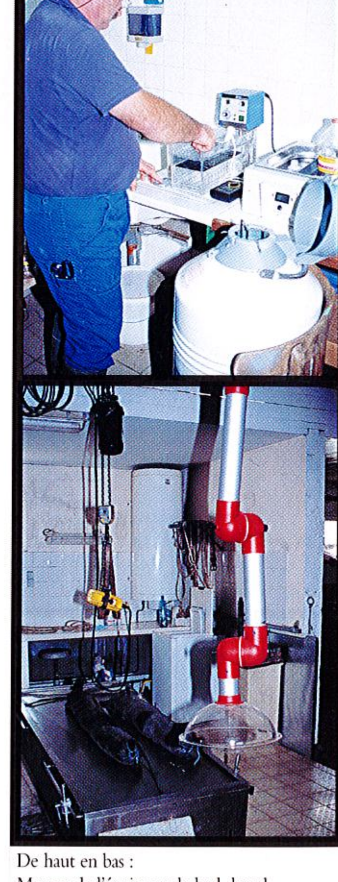
Concernant le Hampshire, race nord-américaine introduite en France au tout début des années 70, l'étude réalisée à Bourges, a conduit à une première mise en évidence de ce qui sera appelé dix ans plus tard l'"effet Hampshire" [3] sur la qualité de la viande : viande à bas pH ultime, présentant un rendement technologique inférieur lors de la fabrication du jambon cuit.

Analyser les relations entre développement musculaire, résistance au stress et qualité de la viande

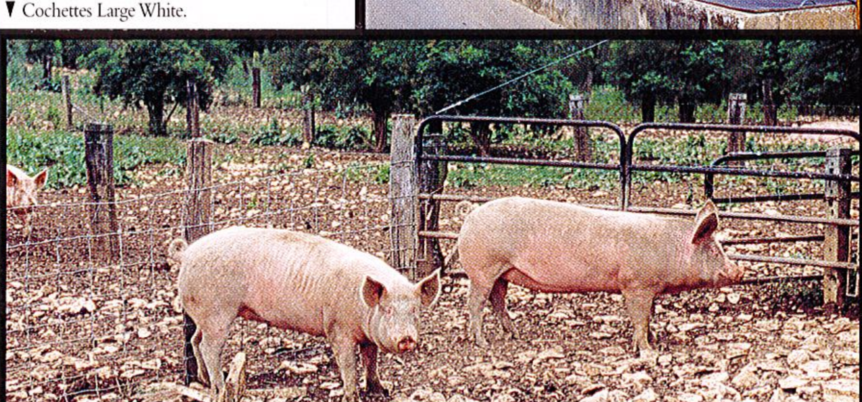
De 1973 à 1982, sous la responsabilité scientifique de Pierre Sellier, une expérience de sélection a été conduite pendant 7 générations dans le troupeau Piétrain de Bourges, en vue de comparer l'intérêt de deux modes de sélection du Piétrain. L'expérience comportait deux lignées : l'une (PA) sélectionnée classiquement sur un indice combinant le gain moyen quotidien et l'épaisseur de lard dorsal, l'autre (PB) sélectionnée pour un fort degré d'expression de l'hypertrophie musculaire caractéristique du Piétrain (apprécié par une note de pointage visuel à 20-25 kg vif). L'intérêt comparé des deux modes de sélection du Piétrain était évalué en croisement, sur les animaux issus de pères PA ou PB et de mères Large White. Des réponses directes à la sélection ont été enregistrées dans l'une et l'autre lignées, mais sans que soit mis en évidence un écart vraiment notable entre les deux modalités de sélection en termes de mérite global des produits de croisement [4].

Ces lignées PA et PB ont fourni un matériel animal de choix pour le développement des recherches sur la sensibilité à un gaz anesthésiant, l'halothane, sensibilité qui est un indicateur de la prédisposition au syndrome d'hyperthermie maligne ou syndrome de stress du porc. Le test à l'halothane venait tout juste d'être "inventé" par des chercheurs néerlandais. Les premiers tests d'anesthésie à l'halothane ont eu lieu à Bourges pendant l'été 1974 sur des porcelets Piétrain (le Piétrain est connu pour sa sensibilité au stress) et l'élevage de Bourges a été le cadre de son introduction en France à des fins expérimentales. Il est devenu peu après une pratique d'usage courant en sélection porcine. Cette première série de tests à l'halothane a été le point de départ d'une longue collaboration qui a réuni sur ce thème les généticiens et l'équipe de Gabriel Monin (station de recherches sur la Viande de Theix). L'analyse des résultats, qui a bénéficié de l'appui du Professeur Guy Lefort (INA-PG), a rapidement permis [5] la première démonstration expérimentale du déterminisme monogénique récessif de la sensibilité à l'halothane, confirmé ultérieurement par de nombreuses équipes de recherche étrangères. Pendant une décennie (1974-83), une douzaine de protocoles successifs ont été mis en place à Bourges pour progresser dans la connaissance du gène de la sensibilité à l'halothane (Hal^n) et de ses effets sur les caractères d'intérêt zootechnique. L'influence majeure exercée par ce gène sur la qualité de la viande (syndrome des viandes pâles et exsudatives) et la composition corporelle (phénomène d'hypertrophie musculaire) a été évaluée par comparaison des deux phénotypes "sensible" et "non sensible" [6]. En collaboration avec la Génétique biochimique de Jouy-en-Josas (Gérard Guérin), la configuration du groupe de liaison "halothane", localisé par la suite sur le chromosome 6 du porc, a été précisée (ordre des locus Hal, Phi et Pgd, et déséquilibres de liaison entre ces locus). Dans l'expérience de sélection des lignées PA et PB, une illustration d'un effet bien connu en génétique des populations, l'effet "auto-stop" [3], a été apportée [7].


Photos : Gilles Cattiau


De haut en bas :
Mesure de l'épaisseur de lard dorsal à l'aide d'un échographe.
Décongélation de paillettes pour l'insémination artificielle.
Salle d'endoscopie : table d'opération et aspirateur de vapeurs d'halothane.

[3] Effet d'entraînement des régions chromosomiques situées à proximité d'une mutation avantageuse sélectionnée.



Deux visages de l'élevage porcin de Bourges.
► Bâtiment des porcins et silos d'aliments.
▼ Cochettes Large White.

Photos : Gilles Cattiau

Mieux connaître les prédispositions génétiques à diverses pathologies

Au-delà des thèmes de recherche principaux qui viennent d'être rapidement présentés, l'histoire des recherches porcines à Bourges sur la période 1965-87 ne serait pas tout à fait complète si nous n'évoquions pas aussi un certain nombre d'études plus ponctuelles. Mentionnons notamment les études conduites sur les prédispositions génétiques à diverses maladies ou anomalies : l'ulcère gastro-œsophagien (1966-67), la rhinite atrophique appréciée par une méthode originale de radiographie des cornets nasaux (1970-75) et le syndrome d'abduction des membres, ou "splay-leg", chez le porcelet nouveau-né (1975-83).

Évaluer les races chinoises importées en France

L'élevage "porc" de Bourges a également apporté une contribution occasionnelle au programme d'évaluation des races porcines chinoises prolifiques importées en France (Meishan, Jiaxing et Jinhua) en novembre 1979 [4] avec l'étude consacrée au croisement Chinois x Piétrain (1981-82).

D'autres sujets de recherche ont été ponctuellement abordés à Bourges à l'occasion d'expérimentations menées en collaboration avec :

• des physiologistes : induction d'une gestation pendant la lactation, analyse des retards de puberté chez la cochette

• des nutritionnistes : effets de l'alimentation minérale de la mère sur le sex-ratio de sa descendance

• des spécialistes de la viande : interaction entre le type génétique, Large White ou Corse x Large White, et le mode de conduite, confinement ou plein air, pour la production de porcs lourds

• des généticiens moléculaires : effets du polymorphisme du système d'histocompatibilité majeur SLA sur la prolificité des truies et la mortalité des porcelets.

Ce bilan montre que, pendant cette période, l'élevage porcin de Bourges a connu une grande diversité de thèmes d'études et de types génétiques. En plus du Large White et du Piétrain qui ont constitué sa base, le troupeau d'Avord a abrité, de façon transitoire, des reproducteurs mâles d'un grand nombre d'autres races porcines.

De 1988 à nos jours

Au cours de la période 1988-1992, l'élevage porcin a connu des évolutions importantes avec la construction de nouveaux bâtiments (maternité, puis post-sevrage), le renouvellement complet du cheptel, l'adoption d'une conduite en bande [5] du troupeau de truies et le démarrage de nouveaux programmes expérimentaux. Deux expériences de sélection ont occupé de 1989 à 1996, la majeure partie des capacités expérimentales de l'élevage.

Mesurer la qualité de la viande sur l'animal vivant

La première [6] visait à étudier l'intérêt du potentiel glycolytique du muscle [7] comme critère d'appréciation *in vivo* des qualités technologiques de la viande. Une lignée composée d'environ 40 femelles et de 6 à 8 mâles a en pratique été sélectionnée pendant 6 générations en vue d'abaisser le potentiel glycolytique du muscle long dorsal. Une lignée témoin non sélectionnée de taille équivalente était menée en parallèle afin d'estimer de façon précise les réponses directes et corrélatives à la sélection. L'expérience [8] a permis de démontrer l'efficacité d'une sélection sur le potentiel glycolytique [8] et de connaître de façon beaucoup plus précise les relations génétiques entre de nombreux caractères de qualité de la viande chez le porc [9].

Mieux connaître la variabilité génétique de la prolificité des truies

La seconde expérience [9] comportait deux lignées sélectionnées en vue d'améliorer l'une, le taux d'ovulation, l'autre, la survie des embryons au cours de la gestation. L'objectif était de trouver des critères d'amélioration de la prolificité des truies plus performants qu'une sélection directe sur la taille de la portée, considérée à l'époque comme peu efficace. Ce programme a nécessité la mise en place sur l'élevage d'un "bloc opératoire" permettant d'endormir les truies et de mesurer par endoscopie le taux d'ovulation des truies. Plus de 2000 endoscopies ont été

4 Voir *INRA mensuel* n°103, janvier 2000.

5 Méthode de travail qui consiste à diviser le troupeau en plusieurs groupes, de taille identique, qui se succèdent à intervalles réguliers dans différents locaux adaptés à chaque stade physiologique.

6 Menée en collaboration avec Pierre Sellier, Pascale Le Roy, et la station de Recherche sur la Viande, Gabriel Monin.

7 Le potentiel glycolytique du muscle caractérise son potentiel de production d'acide lactique lors de la transformation *post mortem* du muscle en viande et il est donc un déterminant essentiel du pH ultime de la viande.

8 Analysée dans le cadre de la thèse de Catherine Larzul (1997).

9 Sous la responsabilité scientifique de Jean-Pierre Bidanel.

10 En collaboration entre la station de Recherche porcine, Louis Lefaucheur, la SRV, Xavier Fernandez et la SGQA, Pascale Le Roy.

11 Sélection consistant à créer, au sein d'une population, deux sous-populations de niveaux haut et bas pour un caractère donné en choisissant comme reproducteurs et en les accouplant entre eux les individus les plus extrêmes pour ce caractère répétant ce processus sur plusieurs générations.

12 Menés en collaboration par la SGQA, Jean-Pierre Bidanel, Marie-Pierre Sanchez, et le laboratoire de Génétique cellulaire, LGC, Denis Milan, Juliette Riquet.

13 Par la SGQA, Pascale Le Roy et le LGC, Magali San Cristobal.

réalisées entre 1989 et 1997 en n'ayant à déplorer qu'un unique accident opératoire. L'expérience a permis de montrer les limites d'une sélection sur le taux d'ovulation pour l'amélioration de la prolificité des truies et de mettre en évidence l'existence d'une variabilité génétique de la survie embryonnaire [10].

L'étude des effets des gènes : le cas du gène de la sensibilité à l'halothane

Parallèlement, un petit noyau d'animaux de race Piétrain a été reconstitué de façon à permettre la poursuite des travaux menés pour la qualité de la viande à la Station de recherche sur la Viande (SRV) à Clermont-Theix sur le gène de la sensibilité à l'halothane (Hal). La mutation responsable de cette sensibilité, ayant été découverte en 1991 par des chercheurs canadiens et le typage ADN correspondant ayant été mis au point, une expérimentation réalisée en 1994-95 sur des animaux issus du croisement F2 entre les races Piétrain et Large White a permis de préciser les effets conjoints du génotype au locus Hal (avec les trois modalités possibles : NN, Nn et nn) et du poids d'abattage (avec deux modalités) sur la croissance, la composition corporelle et de nombreuses caractéristiques qualitatives de la viande, notamment sa texture appréciée par des tests sensoriels [11a et b].

En 1997, a débuté [10] une nouvelle expérience de sélection sur les caractéristiques des fibres musculaires et plus précisément la proportion de fibres "lentes". Réalisée en race Large White, cette expérience de sélection divergente [11] programmée sur deux générations visait à mieux connaître les relations phénotypiques et génétiques entre les caractéristiques contractiles des fibres musculaires et la qualité de la viande. Elle a malheureusement été interrompue de façon prématurée en 1999 après une génération de sélection par le développement d'une brucellose. Cette épidémie, vraisemblablement apportée par la faune sauvage présente sur le polygone de tir (sanglier ou lièvre), a nécessité l'abattage de l'ensemble du troupeau et un vide sanitaire complet de plus de trois mois.

Localiser les gènes responsables de la variabilité de certains caractères

La reconstitution du cheptel porcin au cours de l'année 2000, à partir du domaine pluridisciplinaire du Magneraud, a immédiatement été accompagnée de la mise en place de nouveaux programmes expérimentaux. Deux d'entre eux [12] sont des programmes de cartographie fine de locus à effets quantitatifs (QTL) dans des croisements Large White x Meishan et Large White x Piétrain. Leur objectif est de déterminer de façon beaucoup plus précise la localisation sur le génome de QTL mis en évidence ces dernières années et, *in fine*, de faire apparaître les polymorphismes responsables de la variabilité des caractères. L'intervalle de localisation des QTL étudiés sur les chromosomes 1, 2, 4 et 7 du porc a d'ores et déjà été réduit d'un facteur 2 à 5 par rapport aux premières localisations [12]. Une expérience de sélection visant à réduire la variabilité environnementale (sélection dite canalisante) du pH ultime du muscle Long Dorsal est également menée conjointement [13].

De la mesure du progrès génétique réalisé aux nouveaux développements sur le comportement et les aptitudes maternelles des truies

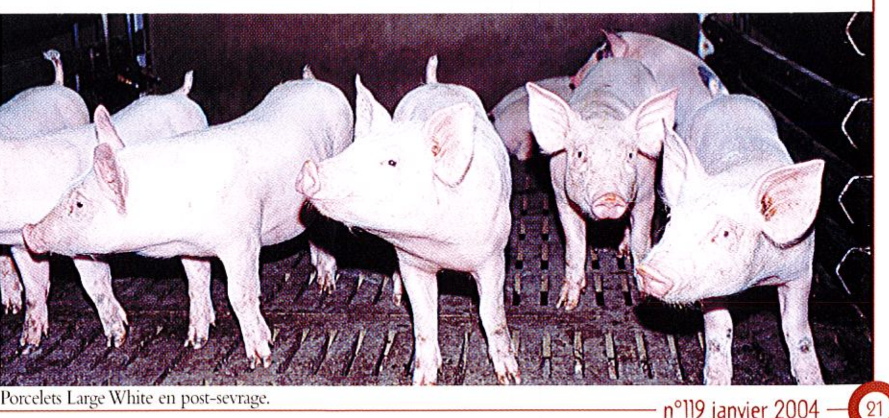
Enfin, l'élevage porcin de Bourges participe à une étude destinée à estimer les effets de la sélection réalisée en race Large White entre 1977 et 1998 sur les principaux caractères d'intérêt (croissance, qualité de la carcasse et de la viande, comportement). Financé par le ministère de l'Agriculture [14], ce programme associe les autres unités expérimentales du département de Génétique animale, plusieurs laboratoires de l'INRA, l'Institut technique du Porc et le Centre technique de la Salaison, des Charcuteries et des Conserves de Viande. Il a permis de confirmer et de quantifier les progrès importants réalisés sur les principaux caractères sélectionnés au cours des deux dernières décennies : la vitesse de croissance, la composition de la carcasse et la taille de la portée à la naissance, mais également d'estimer les évolutions génétiques de nombreux caractères qui ne sont pas mesurés dans le cadre des protocoles de contrôle de performances. L'absence d'évolution de la composition du lait ou de la teneur du muscle en lipides intramusculaires, la diminution du pH de plusieurs muscles 24 heures après abattage ou de la quantité de lait fournie par la truie à ses porcelets constituent quelques-uns des résultats marquants obtenus [13]. Un volet important de cette expérimentation concerne les effets de la sélection sur le comportement et les aptitudes maternelles des truies. La mise en place de caméras de vidéosurveillance et un suivi précis de la mise bas permettent d'étudier de façon précise le comportement de la truie et de sa portée, ainsi que la survie et la croissance des porcelets [15]. ■

14 Placé sous la responsabilité de Thierry Tribout (SGQA).

15 Par la SGQA, Laurianne Canario, Thierry Tribout, Jean-Pierre Bidanel et l'UMRVP, Jean Le Dividich, Marie-Christine Meunier-Salaun, Marie-Christine Père.

Pour en savoir plus

[1] Bolet G., Ollivier L., Dando P. (1991) *Génétique, Sélection, Evolution*, 21, 93-106.
[2] Sellier P., Legault C., Jacquet B. et Ollivier L. (1972) *Journées de la Recherche porcine en France*, 4, 85-92.
[3] Sellier P., Jacquet B. (1973) *Journées de la Recherche porcine en France*, 5, 173-180.
[4] Sellier P. (1982) *Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science*, 16, 105-112.
[5] Ollivier L., Sellier P., Monin G. (1975) *Annales de Génétique et de Sélection animale*, 7, 159-166.
[6] Monin G., Sellier P., Ollivier L., Goutefongea R., Girard J.P. (1981) *Meat Science*, 5, 413-422.
[7] Guérin G., Ollivier L., Sellier P. (1979) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série D, 289, 153-156.
[8] Le Roy P., Larzul C., Gogué J., Talmant A., Monin G., Sellier P. (1998) *Genetics Selection Evolution*, 30, 469-480.
[9] Larzul C., Lefaucheur L., Ecolan P., Gogué J., Talmant A., Sellier P., Le Roy P., Monin G. (1997) *Journal of Animal Science*, 75, 3126-3137.
[10] Blasco A, Bidanel JP, Sorensen D (1998) *Genetics* 149, 301-306.
[11a] Larzul C., Le Roy P., Guéblez R., Talmant A., Gogué J., Sellier P., Monin G. (1997) *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 114, 309-320.
[11b] Monin G., Larzul C., Le Roy P., Culioli J., Mourot J., Rousset-Akrim S., Talmant A., Touraille C., Sellier P. (1999) *Journal of Animal Science*, 77, 408-415.
[12] Riquet J, Sanchez MP, Demeure O, Iannuccelli N, Feve K, Gilbert H, Genêt C, Bonnet M, Pery C, Billon Y, Gogué J, Caritez JC, Le Roy P, Renard C, Bidanel JP, Milan D (2002). *28e International Conference on Animal Genetics*, Göttingen, Germany, August, 11-15, 2002, abstract E042, p 154
[13] Tribout T, Caritez JC, Gogué J, Gruand J, Billon Y, Bouffaud M, Lagant H, Le Dividich J, Thomas F, Quesnel H, Guéblez R, Bidanel JP (2003) *Journées de la Recherche porcine en France* 35, 285-292.


Photo : Gilles Cattiau

Porcelets Large White en post-sevrage.

Recherches sur l'élevage bovin

Dans l'élevage bovin, où sont évaluées les aptitudes bouchères et les qualités maternelles, les recherches ont d'abord porté sur des comparaisons entre races et l'optimisation de leur utilisation pour s'orienter ensuite vers le déterminisme génétique de la croissance musculaire et de ses relations avec les qualités de viande et les qualités d'élevage.



Charolaises.

Photo : Gilles Cattiau

[1] Croisement d'absorption : accouplement de femelles de la race à absorber avec, génération après génération, des taureaux d'une même race (race absorbante) pour tendre à procréer des veaux de race pure (celle du père).

Unité bovine
Flavien Berthelot, Pascal Chevesson
Jean-Luc Goulinet
Daniel Krauss, responsable d'unité
Benoît Malleron, David Maupetit
Philippe Maréchal, Thierry Noël

Comparaison des races bovines Charolaise, Limousine et Maine-Anjou en race pure et en intercroisement : *Vachotron 1*

Le contexte des années 1960-70...

Cette période était marquée par la spécialisation des races bovines et des troupeaux (lait ou viande) avec une demande accrue de production de viande bovine tant au niveau français que de l'Union européenne. Schématiquement, la viande bovine provenait :

- soit de troupeaux allaitants exploités en milieux difficiles (vaches de races rustiques x taureaux de races à viande)
- soit de troupeaux laitiers avec un encouragement au croisement avec des taureaux de races à viande
- soit de troupeaux allaitants exploitant des milieux herbagers favorables avec des vaches de races à viande spécialisées traditionnellement exploitées en race pure, contrairement aux grands pays d'élevage à l'étranger, ou avec des vaches de races mixtes ou croisées en croisement d'absorption [1] avec des taureaux de races à viande spécialisées. Cette diversité raciale, héritage de leur utilisation passée, reflétait des différences de *caractéristiques biologiques primordiales* (format, développement, lait, muscularité) [1]. De ce fait, l'optimisation de l'exploitation de cette diversité raciale reposait sur la complémentarité entre les composantes maternelle (effets directs et maternels) et paternelle (effets directs) comme cela avait pu être montré avec divers types biologiques en croisement terminal sur des vaches laitières (production de veaux de boucherie) [2] puis en races rustiques allaitantes (jeunes bovins de boucherie) [3,4].

Vachotron 1 : dispositif expérimental...

Le dispositif expérimental mis en œuvre avait pour but d'estimer les paramètres génétiques relatifs à ces 3 races et nécessaires pour l'optimisation de leur utilisation (effets génétiques directs et maternels, effets d'hétérosis, aptitudes spécifiques au croisement ...) tant pour les aptitudes bouchères que pour les qualités maternelles ; ce qui a conduit à procréer et comparer des bovins (jeunes bovins à l'engraissement puis à l'abattage, vaches allaitantes contrôlées durant toute leur carrière) de races pures, croisés entre 2 races et entre 3 races sur une longue période (1970-1985), en impliquant d'autres unités expérimentales de l'INRA : unité expérimentale de La Minière (Yvelines) pour l'engraissement des vaches de réformes et des taurillons et pour la valorisation bouchère de génisses ; abattoirs expérimentaux de Jouy-en-Josas (Yvelines) puis de Theix (Puy-de-Dôme) ; domaine expérimental du Vieux Pin (Orne) pour les études complémentaires sur des croisés entre trois races.

L'expérimentation a été réalisée en trois phases successives et imbriquées correspondant aux différents systèmes d'accouplements sur trois générations (G_0 à G_2 pour les parents et G_1 à G_3 pour les descendants) [9]. La 1ère phase (1971-1972 : 1er vêlage à 2 ou 3 ans, 1973-75 : 2ème vêlage - 6 ans, 1976-1985 : 7 - 15 ans) a permis de procréer et d'évaluer des bovins des 3 races pures et leurs croisés F1, afin d'estimer les effets génétiques additifs directs et maternels et les effets d'hétérosis directs. La seconde phase (1973-1977 : 1er vêlage à 2 ans, 1974-83 : 3 - 8 ans, 1980-83 : 9 - 11 ans) a servi à estimer les effets d'hétérosis maternels et à comparer des vaches de races pures et croisées F1. Les 1ers vêlages à 2 ans ont permis une comparaison de races paternelles de petite taille pour évaluer leurs facilités de naissance (Limousine, Angus, Jersiaise), alors que les vêlages des vaches âgées ont servi à comparer 2 races paternelles réputées pour le croisement terminal (Blonde d'Aquitaine, Piémontaise). La dernière phase a consisté en des comparaisons de divers types génétiques paternels et maternels (1975-1979 : production de génisses unipares ; 1981-1985 : comparaison de vaches croisées 3 races ; 1978-1983 : comparaisons d'autres races paternelles de croisement terminal (Angus, Gasconne, Piémontaise, Pie-Rouge de l'Est, Blanc Bleu Belge, inra95).

Au début des années 70, face à l'importance du cheptel laitier spécialisé et à ses potentialités de production de jeunes bovins de boucherie, un vaste essai de comparaison de 17 races ou souches paternelles a été développé sur le terrain avec les unités de sélection françaises en coordination avec la CEE [5]. Par contre, avec le développement pris par nos races à viande à l'étranger au cours des années 60 et dans une optique volontairement prospective pour la production en France, il apparaissait nécessaire de disposer de paramètres d'optimisation pour leur exploitation en croisement (effets additifs et d'hétérosis directs et maternels, effets de complémentarité…) ; d'autant plus que se développaient à travers le monde, recherches et expérimentations sur l'optimisation des systèmes de croisement [6,7,8] et que les connaissances acquises sur nos races à viande spécialisées étaient largement insuffisantes pour optimiser leur utilisation dans ces situations de croisement. D'où la conception par Bertrand Vissac de la première grande expérience de comparaisons entre races à viande françaises qui sera ainsi initiée en 1970 au *Vachotron*. Bernard Perreau aura la responsabilité du troupeau expérimental. Assisté par Jacques Frebling (gestion technico-administrative), François Ménissier assurera l'élaboration et la mise en œuvre de ce vaste programme avec Bernard Bibé (1970-75) puis Bernard Bonaïti (1975-79).

Choix des races...

Compte tenu des moyens limités, l'expérimentation n'a porté que sur trois races [9] : deux races à viande spécialisées très largement utilisées en France et à l'étranger (Charolaise et Limousine) et une race mixte de grande taille déjà exploitée dans des troupeaux allaitants en race pure et en croisement (Maine-Anjou), excluant de ce fait la race Pie-Rouge de l'Est (Simmental) exploitée à l'étranger comme race à viande. Un échantillon d'environ 70 génisses, nées en 1970 et achetées au sevrage, provenant d'élevages des divers systèmes de production, a été constitué pour chacune des races. Quant aux taureaux (semence de 6 taureaux par race), ils ont été échantillonnés parmi ceux agréés pour l'insémination artificielle en race pure. Par ailleurs, bien que la Hereford ne soit pratiquement pas élevée en France, un échantillon (25 génisses provenant de l'Ontario et semence de 6 taureaux de l'université du Colorado) a été ajouté pour être conduit en race pure et permettre la comparaison avec les essais nord-américains où cette race était largement utilisée.

Les connaissances acquises...

Pour la première fois, nous avons obtenu des comparaisons objectives entre races à viande françaises de types biologiques différents sur les composantes des principales aptitudes.

Pour les aptitudes bouchères (croissance et efficacité alimentaire en engraissement, performances d'abattage et caractéristiques des carcasses) [10,11], un net avantage a été mis en évidence pour les races françaises par rapport à la race Hereford. Avec les taurillons, un important gradient entre les races pour la croissance (Limousine < Charolaise < Maine-Anjou) a été observé et accompagné de gradients inverses pour l'efficacité alimentaire et pour les qualités bouchères. En production moins intensive (bœufs de 30 mois à l'herbe), les différences entre races sont plus importantes pour le poids mais moins marquées pour les caractéristiques des carcasses. Quant aux effets d'hétérosis, ils sont faibles (< +3%).

Un suivi particulier des conditions de naissance des veaux, de leur taille et de leur morphologie ainsi que celle des vaches, a permis de montrer que les différences de facilité de naissance entre ces races, étaient d'ordre morphologique (taille excessive du veau face à une ouverture pelvienne insuffisante des vaches) [12]. Ainsi, lorsque le père est de race Limousine, les difficultés de naissance sont moindres du fait du poids plus faible des veaux ; c'est également le cas lorsque la mère est Limousine pour la même raison du faible poids des veaux mais aussi du fait d'une ouverture pelvienne relativement plus grande. Toutes ces composantes ont montré peu d'effets d'hétérosis.

Le nombre et le poids de veaux par vache, pendant les trois premières années de leur carrière, sont supérieurs en race Limousine, en raison d'une meilleure fertilité et d'une moindre mortalité des veaux ; ceci, malgré une puberté plus tardive [13]. Les différences de poids des veaux au sevrage étaient étroitement associées à celles de la production laitière des vaches et au potentiel de croissance transmis aux veaux (Limousine < Charolaise < Maine-Anjou).


Photo : Gérard Paillard


Photos : Gilles Cattiau

De haut en bas :
1•Distribution et contrôle automatiques des aliments. 2•Appareil de mesure de la composition corporelle en vif par ultrasons (VOS). 3,4•Mensurations de la morphologie des animaux.

Photo : Gérard Paillard



Photo : Gilles Cattiau

Dispositif de recherches *Vachotron*.

Les risques sanitaires dans la conduite de ce type de dispositif expérimental de longue durée restent très importants : génisses fondatrices provenant d'un très grand nombre d'élevages de statut sanitaire nécessairement différent pour des pathologies ne faisant pas l'objet de réglementation, transferts d'animaux entre les unités expérimentales associées. Si nous avons pu maîtriser le risque de brucellose, ce ne fut pas le cas avec la paratuberculose, voire la tuberculose bovine (pathologies alors considérées officiellement comme peu fréquentes ou maîtrisées) ; ce qui nous a conduits à arrêter le programme en 1983.

Réflexions et enseignements...

Au-delà de ce qui a été présenté ci-dessus, cette expérimentation a été très riche en résultats originaux. Du fait de la capacité d'inférence du dispositif expérimental mis en jeu, de manière plus générique, elle a largement servi de support au développement des connaissances sur la variabilité génétique entre races de différents types biologiques et à la compréhension des mécanismes biologiques sous-jacents mis en jeu par la sélection passée de ces races (croissance, consommation, composition de carcasse/sélection des aptitudes bouchères ; précocité de développement, puberté, fertilité, allaitement/qualités maternelles).

La taille du troupeau étant limitée et la nécessité d'avoir au moins 3 générations de bovins avec une parfaite maîtrise de leur conduite et une charge élevée de mesures et de contrôles, ont imposé une longue durée de l'expérimentation (13 ans). Cette durée est peu compatible avec la légitime mobilité thématique ou géographique des chercheurs et des techniciens impliqués ; ce qui explique une valorisation incomplète des résultats de cette expérience. La synthèse finale de tous ces résultats en vue de l'optimisation de la diversité raciale aurait dû se faire au moment où ce thème était beaucoup moins stratégique que durant les années 60 ; le questionnement étant alors plus ciblé vers les objectifs et les méthodes de sélection des races à viande spécialisées (cf. plus loin l'expérimentation *Vachotron 2*).

[2] Sélection consistant à retenir, au sein d'une population, deux sous-populations (10% chacune par exemple) correspondant aux individus présentant pour le caractère donné les niveaux respectivement les plus bas et les plus élevés puis à répéter cette sélection à la génération suivante voire aux autres générations.

[3] Les Conseils régionaux d'Auvergne et de Bourgogne ont participé au financement de la construction de cette station de contrôle individuel des performances sur le domaine de Galle.

[4] En collaboration avec l'Unité de Recherche sur les Herbivores (équipe Croissance et Métabolisme du Muscle) et la Station de Recherches sur la Viande (INRA, Theix).

Vachotron 2 : principes de l'expérimentation

Dans une première phase, pour appréhender la variabilité génétique des caractères étudiés, des familles expérimentales ont été constituées à partir de 60 taureaux fondateurs et d'un échantillon représentatif de 350 génisses fondatrices de race Charolaise. Les descendants procréés sont contrôlés pour l'ensemble des caractères qui conditionnent la production de viande. La croissance musculaire et les aptitudes bouchères sont mesurées sur les descendants mâles. Les caractéristiques musculaires et les qualités de la viande sont également contrôlées sur une partie de ces descendants mâles. L'aptitude à la reproduction et les autres qualités d'élevage sont contrôlées chez les descendants femelles.

Afin de mieux mettre en évidence les relations génétiques entre la croissance musculaire et les caractères mesurés, les taureaux fondateurs ont été sélectionnés sur leur propre capacité de croissance afin d'accroître la variabilité de ce caractère. Ils ont ainsi été choisis parmi 510 taureaux présélectionnés pour l'insémination artificielle et évalués dans deux stations de contrôle individuel des performances (Creuzier-le-Neuf, Allier et Château-Gontier, Maine-&-Loire) grâce à la collaboration des unions de centres de sélection et de production de semence en race Charolaise : OGER (Loire Atlantique), UALC (Corrèze), UCATRC (Puy de Dôme) et UCHAVE (Vendée). Leur sélection a porté sur un indice combinant le poids final et l'efficacité alimentaire, estimateurs indirects de la croissance musculaire : 30 taureaux inférieurs et 30 taureaux supérieurs ont été retenus comme fondateurs pour cette expérimentation.

Pour l'actuelle seconde phase, le dispositif expérimental a été redimensionné afin d'aborder l'étude du déterminisme génétique par une approche génomique dans le but de mettre en évidence des gènes ou régions du génome contribuant à la variabilité génétique des caractères étudiés. Pour ceci le nombre de familles a été réduit et les taureaux utilisés ont été sélectionnés spécifiquement pour cette approche.

Déterminisme génétique des composantes de la production de viande bovine : qualités d'élevage, aptitudes bouchères, qualités de viande : *Vachotron 2*

L'amélioration génétique des races à viande spécialisées passe par la sélection de reproducteurs qui permettent d'accroître simultanément la rentabilité de la phase d'élevage des veaux et celle de leur phase d'engraissement tout en améliorant la qualité des carcasses et de la viande. La réponse à cette sélection est une affaire de longue haleine, ne serait-ce qu'en raison des intervalles entre générations, qui oblige à fixer des objectifs d'amélioration en adéquation avec les besoins du futur.

C'est ainsi qu'au début des années 80, l'analyse des perspectives, confrontée à celle de la profession, montrait que les objectifs de la sélection des bovins à viande devaient inclure l'amélioration simultanée des aptitudes bouchères, pour accroître l'efficacité de la production de viande par les animaux à l'engrais, et des qualités d'élevage des vaches, dans un souci de réduire les coûts de production et d'accroître la productivité du troupeau. Dès ces années, une réflexion plus prospective sur l'avenir de la viande bovine a débouché sur la nécessité d'appréhender également les qualités de la viande.

Pour apporter des éléments de réponses à ces objectifs de sélection, les recherches menées par le département de Génétique animale ont pour objet premier l'acquisition des connaissances indispensables sur le déterminisme génétique de ces différentes aptitudes. En raison à la fois de la durée des protocoles, des contraintes des mesures indispensables (à titre d'exemple, de 3000 à 5000 prélèvements de sang pour des dosages biologiques par an) et de l'obligation de maîtriser les conditions de procréation des animaux et de leur élevage, ce type de recherche n'est possible qu'en troupeau expérimental.

Avec quels objectifs ?

À partir de l'analyse de ces perspectives et de leur confrontation avec les utilisateurs de la recherche, il fut décidé de lancer un programme d'expérimentation, qui débuta en 1985, sur l'étude du déterminisme génétique des composantes de la production de viande bovine ; plus particulièrement l'estimation des relations génétiques entre croissance musculaire et aptitudes à la reproduction. En effet, la production de viande bovine à partir d'un troupeau allaitant est un processus coûteux qui met en jeu de nombreuses fonctions biologiques, liées aux aptitudes bouchères des animaux à l'engrais et aux qualités d'élevage des femelles reproductrices. Parmi les aptitudes bouchères, le potentiel de croissance musculaire a certainement la plus forte influence sur l'efficacité biologique et économique de l'engraissement, alors que parmi les qualités d'élevage, l'aptitude à la reproduction des vaches est un facteur essentiel de productivité des troupeaux allaitants.

Pour ce qui concerne les qualités de la viande, l'objectif était en premier lieu de mieux appréhender la variabilité individuelle entre animaux et mettre en relation celle-ci avec les caractéristiques biologiques du tissu musculaire impliquées dans l'élaboration de ces qualités. L'étude du déterminisme génétique de ces caractéristiques musculaires devait également permettre de raisonner leur éventuelle utilité comme critères de sélection.

De par sa conception, un tel programme sert de support à de nombreuses et multiples actions de recherche transdisciplinaires.

Analyse des aptitudes bouchères et des qualités de la viande

L'engraissement des taurillons est réalisé dans un bâtiment de contrôle individuel spécialement aménagé pour mesurer la consommation alimentaire individuelle [3] et permettre ainsi de relier les performances de croissance à l'appétit et à l'efficacité alimentaire. Les taurillons sont abattus à l'âge de 15 ou 19 mois à l'abattoir expérimental de l'INRA Theix où les mesures sur la carcasse, le cinquième quartier et sur un morceau monocostal disséqué permettent de prédire la composition corporelle et, par là, la croissance musculaire. Cet ensemble de mesures sur l'animal et sur la carcasse permet d'estimer les relations génétiques entre les différentes composantes des aptitudes bouchères en particulier celles relatives à la croissance musculaire.

Depuis trois campagnes, la moitié des veaux mâles issus du troupeau sont utilisés pour étudier les aptitudes bouchères mises en jeu lors d'une production de viande de bœufs engraissés à l'herbe et les mettre en relation avec celles mises en jeu lors d'un engraissement intensif de taurillons. En effet, dans un contexte prospectif d'accroissement de l'utilisation de l'herbe pour engraisser les animaux de boucherie, il est apparu nécessaire d'apporter des éléments sur d'éventuelles interactions entre potentiel génétique et milieu de production afin de raisonner l'amélioration génétique à venir de nos races à viande spécialisées. La capacité d'ingestion et la croissance des bouvillons sont contrôlées dans le bâtiment de contrôle individuel lors de leur premier hiver. Ils ont ensuite envoyés au domaine INRA du Pin-au-Haras en Normandie où ils sont engraissés à l'herbe puis abattus à l'INRA Theix à l'âge de 30 mois.

... de 3000 à 5000 prélèvements de sang par an pour des analyses biologiques.

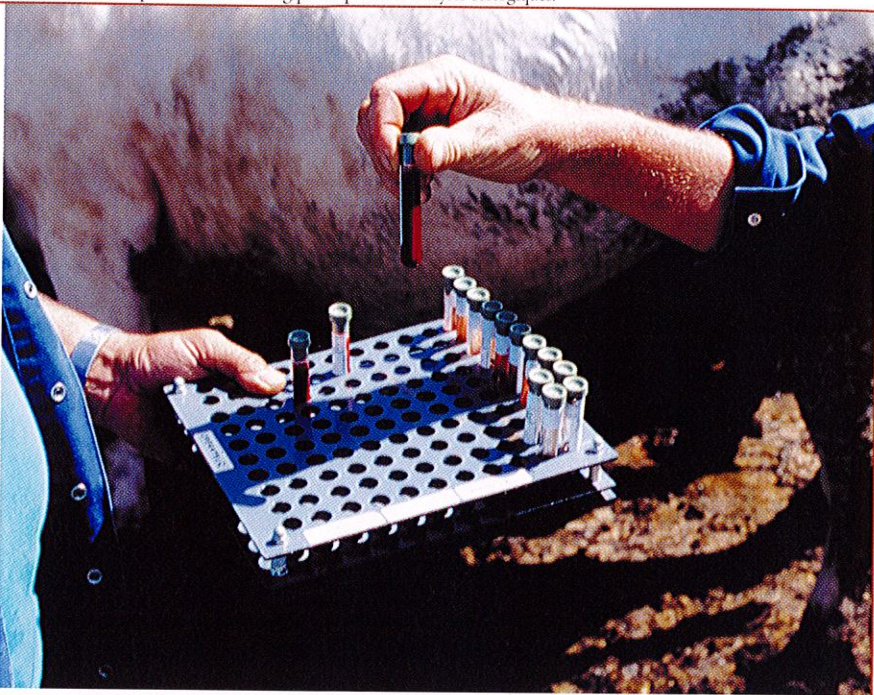


Photo : Gérard Paillard

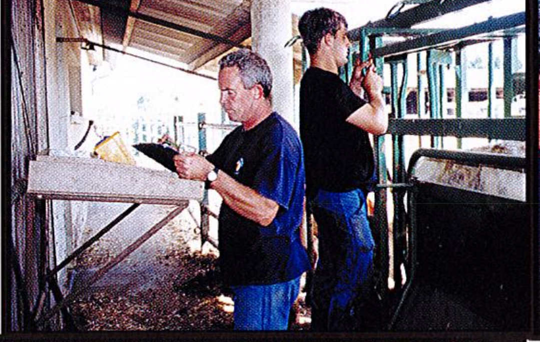
Sur les taurillons de première génération et tous les veaux mâles (taurillons ou bœufs) des dernières campagnes, une étude fine des caractéristiques biologiques du muscle long dorsal a été entreprise pour analyser les variations de ces caractéristiques qui peuvent expliquer ou dépendre des variations de croissance musculaire [4]. Elles comportent des dosages biochimiques des constituants du muscle (collagène, lipides, protéines, pigments), le typage (contractile et métabolique) et la mesure de la taille des fibres musculaires. Des mesures de la qualité de la viande sont également réalisées sur une partie de ces animaux : tests de dégustations pour noter les qualités organoleptiques et mesures instrumentales de la texture pour appréhender la maturation et la tendreté de la viande.

Analyse des qualités d'élevage des femelles

L'analyse des qualités d'élevage des femelles (croissance, reproduction, vêlage, allaitement, capacité d'ingestion) s'effectue dans un système de conduite où les apports d'aliments sont modulés afin d'être au plus proche des conditions habituelles de conduite des vaches allaitantes, c'est-à-dire avec un déficit énergétique en fin de gestation et début de lactation pour permettre l'expression des phénomènes de mobilisation et de reconstitution des réserves corporelles et la

Pour en savoir plus

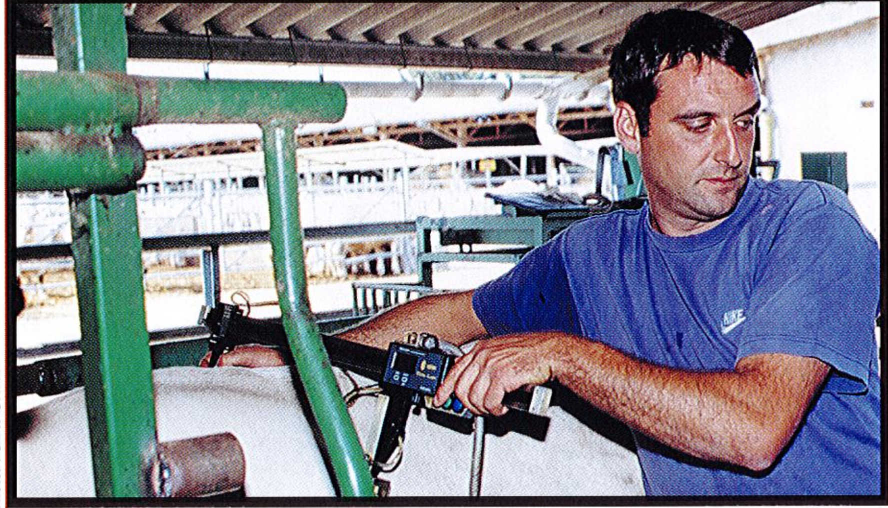
[1] Ménissier et Frisch, 1992. in *Beef cattle production*, (éd. Jarrige et Béranger), 55-85.
[2] Vissac *et al.*, 1971. *Bull. tech. Dép. Génét. Anim.*, INRA, 27 p.
[3] Bibé *et al.*, 1973. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 6 , 144.
[4] Bibé *et al.*, 1976. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 8, 233-264.
[5] Ménissier *et al.*, 1982. in *Beef cattle production from dairy herd*, (ed. More O'Ferral), 94-136.
[6] Vissac B., 1976. *World Rev. Anim. Prod.*, 19, 1-7.
[7] Cartwright T. C., 1970. *J. Anim. Sci.*, 30, 706-711.
[8] Carter A. H., 1975. *Livest. Prod. Sci.*, 2, 237-340.
[9] Ménissier *et al.*, 1988.a. *Génét. Sél. Evol.*, 20, 321-342.
[10] Bonaïti *et al.*, 1988.a. *Génét. Sél. Evol.*, 20, 343-356.
[11] Bonaïti *et al.*, 1988.a. *Génét. Sél. Evol.*, 20, 461-476.
[12] Ménissier *et al.*, 1974. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 6, 69-90.
[13] Bibé *et al.*, 1975. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 7, 235-236.
[14] Arthur *et al.*, 2000. *Livest. Prod. Sci.*, 68, 131-139.
[15] Renand *et al.*, 2000. *Meat Sci.*, 59, 49-60.
[16] Mialon *et al.*, 2001. *Genet. Sel. Evol.*, 33, 273-287.
[17] Mialon *et al.*, 2000. *Genet. Sel. Evol.*, 32, 403-414.





►► Pesées avec enregistrement automatique des poids.

▼ Mesure de la composition corporelle en vif à l'aide de la sonde à ultrasons (VOS).



Photos : Gilles Cattiau

mise en évidence de leurs effets sur la reproduction [5]. Chaque femelle est contrôlée systématiquement pendant quatre campagnes de reproduction où l'analyse de la fertilité se réalise après insémination artificielle en chaleur naturelle grâce à un protocole de suivi de la gestation qui permet une étude détaillée de la mortalité embryonnaire [6]. L'étude de l'aptitude à la reproduction comporte également celle de l'activité ovarienne : sa mise en place à la puberté et sa reprise après chaque vêlage.

L'étude de la capacité d'ingestion de fourrages grossiers par les femelles s'effectue, dans le bâtiment de contrôle individuel, au cours de deux périodes de leur carrière. Tout d'abord pendant la phase de croissance sur les génisses d'un an avec un régime à base d'ensilage d'herbe. Ensuite, en fin de carrière, avant de réformer les vaches, leur capacité d'ingestion est mesurée avec un régime à base de foin. Ces mesures, ainsi que celles réalisées sur les bouvillons, permettent de vérifier si une sélection de la croissance musculaire est susceptible d'induire des modifications de l'aptitude à ingérer des fourrages grossiers.

Approche génomique

Après une phase d'estimation de la variabilité génétique polygénique, la recherche de QTL (régions du génome impliquées dans la variabilité génétique) a été engagée en réduisant le nombre de taureaux afin de constituer en final 8 familles d'effectifs suffisants pour cette approche [7]. Tous les caractères cités précédemment sont systématiquement enregistrés et seront donc soumis à une recherche de QTL, en particulier, les caractéristiques musculaires et la texture de la viande qui sont difficilement mesurables par ailleurs.

Afin d'enrichir le dispositif expérimental, des pères extrêmes sur le plan du potentiel de croissance musculaire (estimé lors de la phase précédente de l'expérimentation) ont été choisis pour constituer ces familles. Ils permettent de générer des animaux expérimentaux exceptionnellement utiles à des approches transcriptomique et protéomique de la croissance musculaire en relation avec les caractéristiques musculaires et les qualités de la viande [4].

En conclusion

Un nombre de résultats importants sont déjà disponibles notamment sur les aptitudes bouchères, dont les caractéristiques musculaires qui interviennent sur les qualités de viande [14,15]. Ainsi la sélection sur la croissance musculaire pratiquée en France est réellement efficace du fait, entre autres, de sa relation avec l'efficacité alimentaire. Elle engendre des descendants ayant plus de tissus musculaires avec moins de gras. Les caractéristiques musculaires sont pour partie héritables. Il apparaît qu'elles sont génétiquement liées à la composition corporelle : une sélection qui favoriserait la croissance musculaire aux dépens des dépôts adipeux, irait de pair avec une modification de la maturité physiologique des caractéristiques musculaires et des qualités de la viande associées.

Quant aux qualités d'élevage, il apparaît que l'aptitude à la cyclicité ovarienne, aussi bien à la puberté que *post partum*, est génétiquement liée (positivement) au potentiel de croissance de la femelle et à celui des mâles à l'engrais. Les relations génétiques avec les autres composantes des qualités d'élevage sont encore à évaluer [16,17]. L'ensemble de ces résultats permettront, et permettent déjà, de fournir aux éleveurs et à la filière des éléments concrets quant aux décisions qu'ils ont à prendre en terme d'orientation de la sélection, mais aussi sur l'intérêt d'introduire de nouveaux critères de sélection. L'approche génomique actuellement mise en œuvre repose sur l'espoir d'utiliser des informations moléculaires pour sélectionner des reproducteurs améliorateurs de caractères qu'il est impossible de mesurer par ailleurs, telles les qualités de la viande par exemple. ■

[5] En collaboration avec l'unité de recherche sur les Herbivores (équipe Systèmes de Production, INRA, Theix).

[6] En collaboration avec l'unité d'Endocrinologie de l'Embryon (INRA, Jouy-en-Josas).

[7] En collaboration avec l'unité de Génétique moléculaire animale (INRA-université, Limoges).

Recherches sur l'élevage caprin

Les recherches caprines qui ont d'abord concerné l'étude de l'interaction génétique entre niveau de production et fréquence des traites, se sont orientées vers l'analyse génétique du débit de traite et des qualités du lait, l'étude d'anomalies génétiques et l'optimisation des méthodes de reproduction.



Photo : Gilles Cattiau

Chèvre de race Alpine.

L'unité caprine a été créée en 1967. À l'origine, le troupeau a été constitué de chevrettes Alpine et Poitevine originaires du Centre Ouest et de chevrettes Saanen originaires de Suisse. Depuis 1992, tous les mâles utilisés sont de race Alpine. Les recherches étaient axées au départ sur plusieurs thèmes essentiels dont certains sont toujours d'actualité.

L'aptitude fromagère du lait

Le premier thème concernait l'aptitude fromagère du lait. En effet, dès 1965, les mesures réalisées à la Coopérative fromagère de Moissac (Lozère) pour calculer les équations de prédétermination des rendements en fromage [1] avaient révélé que le lait de chèvre était particulièrement pauvre en matières azotées coagulables, notamment en comparaison du lait de vache. Il s'agissait donc d'estimer les possibilités de sélection sur ce nouveau critère. Les observations faites ici à Galle, de 1967 à 1970, en utilisant une méthode indirecte (caillage de lait et comparaison de la richesse du sérum au lait de fabrication), ont montré que le taux de matières azotées coagulables variait d'une race à l'autre (Poitevine > Alpine > Saanen), mais était peu variable et très héritable, de sorte que dès 1971, nous évoquions l'hypothèse d'un déterminisme à effet majeur [2], hypothèse qui s'est vérifiée à partir de 1984, grâce à la découverte du polymorphisme génétique de la caséine-αs1 [3] caractérisé par au moins 7 allèles qui ont une incidence directe sur la quantité de caséine-αs1, le taux de protéines totales et le taux de protéines coagulables (3 allèles forts dont l'allèle A, 1 intermédiaire E, 2 faibles F et D, et 1 allèle "nul" O).

Cornage et intersexualité [1]

Le 2ème thème concernait l'étude du déterminisme héréditaire du cornage et de l'intersexualité liée à l'absence de cornes. En effet, à cette époque, la majorité des chèvres était encore sans cornes et l'on commençait seulement à comprendre les phénomènes de masculinisation aussi bien chez les femelles que chez les mâles. Le troupeau de Galle - avec celui de la station caprine de Moissac - a été un outil privilégié pour cette étude qui exigeait des observations fines

Unité caprine
Didier Augerat
Frédéric Bouvier, responsable d'unité
Laurent Daignault
Christian Duclos
Richard Martinat
Alain Richetin

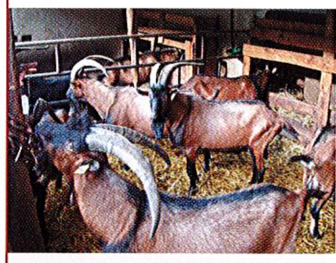
[1] Voir *INRA mensuel* n° 108, janvier 2001 et n°112, décembre 2001-janvier 2002.

[2] Suiveur de niveau SEFRAM et enregistreur MECI, mis en place par Paul Guillimin avec l'aide de techniciens de la base d'Avord.

[3] Par Jean-Claude Mocquot, relayé par Nicole Bouloc - Duval en 1987, tous deux avec l'aide de P. Guillimin et l'appui de Bernard Bibé.

[4] En collaboration avec Jacques Labussière.

[5] Avec Pierre Yvoré et Jacques Bouix.





Cornage. Boucs de race Alpine. Station de Moissac (Lozère).

et précises. La simple observation de l'âge d'apparition du cornage a permis d'expliquer les anomalies observées dans les pourcentages mendéliens et de préciser les conditions d'enregistrement du caractère cornage [4], précaution indispensable pour connaître sans erreur le génotype des boucs et planifier les 6 types d'accouplements nécessaires pour estimer les fréquences et l'expressivité des cas de stérilité. Ensuite, grâce à des moulages effectués dès l'âge de 3 semaines avec l'aide précieuse de M. Carpentier, il a été possible de distinguer les boucs homo- et hétérozygotes sans cornes d'après la forme des protubérances osseuses [5], découverte qui a été largement utilisée à cette époque pour éliminer de la reproduction les boucs homozygotes particulièrement défavorables.

Jusqu'en 1972, le troupeau de Galle a également servi de support à plusieurs études : estimation des paramètres de traite à la machine à une époque où l'on ne disposait d'aucune étude sérieuse [6] ; analyse de la variabilité génétique du débit après 12 h et 24 h de traite, en utilisant - déjà - un appareil automatique de mesure [2] ; contrôle du rythme individuel de traite dans le cas d'accès libre à la machine à traire ; étude du déterminisme de la couleur blanche en race Saanen [7] ; étude d'une translocation chromosomique apparue dans la descendance d'un bouc Saanen et de son incidence sur la fertilité des chèvres ; contrôle de la précocité sexuelle et mise en évidence de cycles courts en début de saison sexuelle qui réduisent la fertilité à l'insémination artificielle. Ces contributions sont encore utiles actuellement pour répondre aux questions des éleveurs, notamment sur la réduction de la variabilité de la couleur en race Saanen.

De 1972 à 1992, un programme de sélection en troupeau fermé a été mis en place [3]. L'objectif de ce programme était de comparer la réponse à la sélection sur la production de matière sèche utile du lait en condition difficile (1 traite par jour) et en condition normale (2 traites/j). Les résultats [8] ont démontré l'efficacité de la sélection avec 1 traite/j (réduction des pertes de 40 à 20%), mais n'ont pas permis de vérifier l'hypothèse selon laquelle la sélection indirecte avec 1 traite/j pourrait être plus efficace que la sélection directe avec 2 traites/j, même si la première réduit le volume et le pourcentage de lait résiduel [4]. Au cours de cette période, des observations sur le parasitisme (coccidiose) ont également été conduites [5].

Depuis 1992, les recherches à l'unité caprine ont bénéficié des avancées de la génétique moléculaire et des nouveaux outils pour l'acquisition de nouvelles données expérimentales.

Chèvres de race Alpine.

Chèvrerie et silos d'alimentation

Photos : Gilles Cattiau

Qualités des produits laitiers

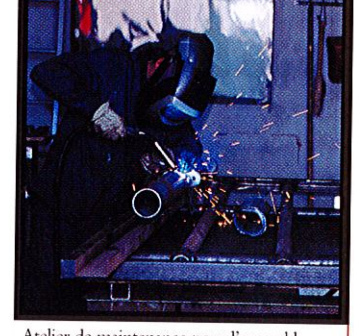
Du côté de la génétique moléculaire, les bases génétiques du polymorphisme des caséines caprines ont été élucidées grâce aux travaux réalisés au laboratoire de Génétique biochimique et de cytogénétique LGBC de Jouy-en-Josas. Ainsi, 14 allèles au locus de la caséine-αs1, sous-jacents aux polymorphismes protéiques observés auparavant, ont pu être décelés [9]. Un protocole de typage par PCR-allèle spécifique, actuellement pratiqué en routine par LABOGENA, a permis la constitution d'un noyau de chèvres homozygotes par des accouplements entre animaux hétérozygotes porteurs des allèles A, E et O, pour produire des laits modèles. De tels laits ont permis de mettre en évidence l'influence considérable de la génétique sur la qualité des produits laitiers caprins.

La valeur nutritionnelle des laits de génotype AA s'est avéré supérieure à celle du génotype OO en termes de digestibilité iléale, d'énergie digestible par unité de poids métabolique et des gains moyens quotidiens des porcelets utilisés comme modèle monogastrique (collaboration avec SRP-INRA Saint-Gilles [10]). En revanche, les laits OO, dépourvus de caséine-as1, pourraient avoir un intérêt diététique au vu de leur faible allergénicité (collaboration INRA-INSERM [11]). Ces résultats intéressent la filière caprine, soucieuse de diversifier la production par la fabrication des laits UHT. Par ailleurs, la stabilité thermique du lait de chèvre, mesurée par sa température de coagulation thermique, est très variable. Cette variabilité, qui perturbe la fabrication UHT, est sous contrôle génétique et du milieu. Des essais préliminaires à Bourges (collaboration INA-PG) ont été complétés par des études en fermes (collaboration SAGA, ITPLC de Surgères, INRA-LRL Rennes) pour mettre en évidence l'influence génétique sur la stabilité thermique (héritabilité d'environ 0,30) et le rôle majeur de lactoprotéines sur ce caractère [12].

Concernant la transformation fromagère, destin majoritaire de la production nationale, les laits AA sont nettement supérieurs aux laits OO en terme de rendement fromager (+15% [13]). Ce résultat est particulièrement important en France où le cheptel national est constitué essentiellement par les races Alpine et Saanen, fortes productrices de lait avec des taux de protéines relativement faibles. En même temps, des études sur les propriétés sensorielles des produits laitiers caprins (goût, arôme, flaveur) ont été entrepris dans le cadre de l'AIP "Maturation des produits alimentaires". En particulier, les principaux composants de la flaveur "chèvre" ont été identifiés (acides gras 4-méthyl et 4-éthyl ramifiés à l'état libre) et des associations, encore inexpliquées, ont été trouvées entre les génotypes de la caséine-as1 et des notes subjectives de la flaveur [14,15]. Un projet en collaboration avec l'URH de l'INRA de Clermont-Ferrand vise à expliquer l'association observée entre l'activité lipolytique et les génotypes caséine.

Manège de traite automatique.




Atelier de maintenance pour l'ensemble des installations expérimentales.

Photos : Gilles Cattiau

L'ensemble des résultats obtenus à l'unité caprine de Bourges, à la station de Moissac [16], et en fermes [17], ainsi que la mise en évidence de la valeur des génotypages de la caséine-as1 comme prédicteurs précoces et partiels des résultats du testage sur descendance [18], ont permis aux acteurs de la génétique caprine (Caprigène, Capri-IA, Contrôle laitier, Institut de l'Élevage) d'intégrer ces génotypages dans le programme national de sélection des races Alpine et Saanen. Les génotypages sont utilisés, en complément des contrôles performances, pour améliorer le potentiel génétique (quantités et taux de matières grasse et protéique) de ces deux races. La stratégie adoptée ne vise pas directement la fixation rapide des allèles forts mais il est prévu que certains allèles (O, F) disparaîtront de la population dans le moyen terme. L'unité caprine de Bourges, avec son noyau des allèles nuls, a déjà commencé des actions de cryoconservation (production d'embryons et de semence des animaux porteurs des allèles O) qui seront intégrées dans la démarche de la Cryobanque Nationale dans le court terme.

Le fait de disposer d'une variabilité génétique naturelle aussi importante sur la richesse du lait (taux protéique (TP), taux butyrique (TB)) pose des nouvelles questions sur des éventuelles interactions entre la génétique et l'alimentation. Faut-il modifier les régimes alimentaires des chèvres qui ont une aptitude génétique à produire des laits très riches ? Un dispositif croisant 3 génotypes (AA, EE, OO) et 2 régimes alimentaires a été mis en place à l'unité caprine de Bourges en collaboration avec l'UMR INRA-INA-PG.

6 Autosome : chromosome autre que sexuel.

7 Le passage d'un mâle dans le troupeau femelles isolées des mâles déclenche des chaleurs chez elles.

Pour le contrôle de l'alimentation, des distributeurs automatiques de concentrés (DAC) ont été installés et testés à Bourges. Les premiers résultats de ce protocole infirment l'existence d'une telle interaction génotype x alimentation ; toutefois ces résultats doivent être confirmés car les données enregistrées par les DAC ont permis de quantifier des comportements alimentaires très variables entre les animaux qui ont altéré les régimes alimentaires initialement prévus. Ces comportements, notamment la compétition et les hiérarchies établies entre les animaux, se traduisent par des consommations très variables entre les animaux (accès journalier des animaux à la nourriture, leur fréquence, leur durée, la quantité consommée prévue et mesurée à chaque repas…).

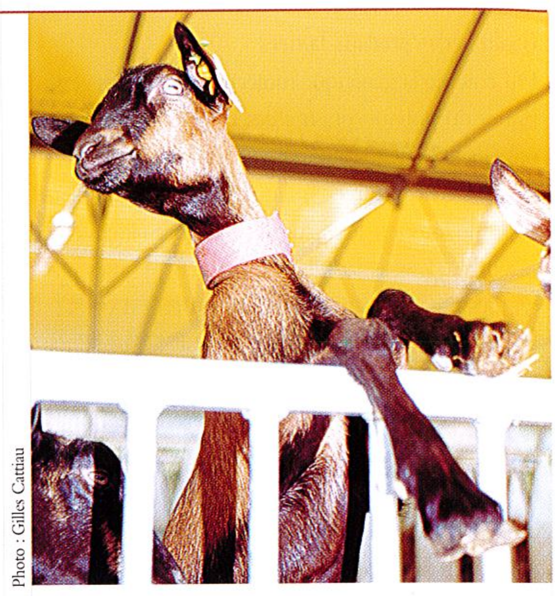
Anomalies génétiques, reproduction et santé animale

• Anomalies génétiques

Les résultats obtenus sur la relation entre l'absence/présence des cornes et l'intersexualité plaçaient les caprins comme une espèce modèle adéquate pour identifier les bases moléculaires de cette relation complexe. L'intersexualité due aux gènes autosomaux [6] est également une pathologie chez l'homme, et, en 1993, une collaboration a été mise en place entre l'Institut Pasteur et l'INRA pour rechercher ces gènes inconnus. Sous l'impulsion de François Grosclaude, un groupe de travail s'est mis en place (LGBC et Biologie du développement de la reproduction (BDR) de Jouy-en-Josas, SAGA de Toulouse). L'approche retenue comprenait, d'abord, la recherche des marqueurs moléculaires (microsatellites) du (des) gène(s) responsable du caractère motte chez le caprin, et constituait une des premières valorisations de la carte génétique caprine en construction. Des accouplements des mâles supposés Pp (mâles "mottes" c'est-à-dire sans corne, normaux) par des femelles supposées pp (normales et cornues) permettaient la comparaison des génomes des descendants mottes (Pp) ou cornus (pp). Ces familles ont été constituées à l'unité caprine de Bourges, à la station caprine de Moissac et en fermes. Les premiers résultats ont permis de situer le gène pressenti dans le chromosome 1 caprin [19] et des analyses plus fines, appuyées par la cartographie comparée entre espèces, ont dévoilé des mutations proches des gènes (PISRT1 et FOXL2), qui deviennent ainsi des gènes candidats de cette anomalie [20].

• Reproduction

Une collaboration a été mise en place entre l'unité caprine de Bourges, la SAGA de Toulouse, la SEIA Rouillé et la Physiologie de la reproduction et des comportements (PRC) de Nouzilly en 1992. L'accent


Photo : Gilles Cattiau

a été mis sur l'optimisation des techniques de reproduction (insémination artificielle, transfert d'embryons), en particulier, sur les problèmes liés à l'utilisation d'hormones pour synchroniser l'œstrus des chèvres destinées à l'insémination artificielle. Ces traitements avaient été proposés dès les années 70 pour faciliter les chantiers d'insémination : l'induction et la synchronisation d'œstrus permettent, d'une part, d'anticiper les dates de mise-bas de sorte que la production laitière d'un troupeau est mieux répartie au cours d'une campagne, et, d'autre part, de concentrer le travail d'insémination dans une journée précise et pré-déterminée. Des observations faites à Bourges entre 1992 et 1996 (apparition d'œstrus et prises de sang pour dosage du pic de LH, l'hormone responsable de l'ovulation, toutes les 4 heures durant des périodes ciblées) ont démontré que l'efficacité de ces traitements était sujette à une forte variabilité individuelle. Une proportion importante de chèvres ne sont pas en chaleur au moment prévu ; ce qui entraîne des échecs de fertilité. La réponse immunitaire des chèvres aux traitements hormonaux (en particulier à la PMSG) explique en bonne partie cette variabilité, la réponse anticorps neutralisant l'action de l'hormone exogène administrée [21]. Cette réponse immunitaire variable a sans doute une origine génétique faisant intervenir plusieurs gènes inconnus, dont des gènes du complexe majeur d'histocompatibilité caprin [22].

Les recherches en collaboration avec la Physiologie de la reproduction s'orientent désormais vers des alternatives aux traitements hormonaux. Les bases génétiques de la saisonnalité naturelle des chèvres restent peu connues. Une nouvelle chèvrerie construite à l'unité caprine de Bourges en 2001 héberge des femelles hors-reproduction pour caractériser la variabilité naturelle de la saisonnalité chez la chèvre (d'abord en modèle polygénique ; à l'aide des typa-

Pour en savoir plus

[1] Ricordeau G. et Mocquot G., 1967, *Annales de Zootechnie*, 16, 165-181
[2] Ricordeau G. et Bouillon J., 1975, *1ères Journées de la Recherche Ovine & Caprine*, 1, 149-155
[3] Grosclaude F., Mahé MF., Brignon G., Di Stasio L., Jeunet R., 1987, *Genetic, Selection, Evolution*, 19, 399-412.
[4] Ricordeau G. et Bouillon J., 1969, *Annales de Génét. Sél. Animale*, 1, 397-403
[5] Ricordeau G., Poujardieu B. et Bouillon J., 1972, *Annales de Génét. Sél. Animale*, 4, 29-34
[6] Ricordeau G. et Labussière J., 1970, *Annales de Zootechnie*, 19 (2), 37-49
[7] Ricordeau G. et Lauvergne J.J., 1971, *Annales de Génét. Sél. Animale*, 3 (4), 425-432
[8] Mocquot J.C. et Guillimin P., 1975, *1ères Journées de la Recherche Ovine & Caprine*, 1, 108-123
[9] Grosclaude F., Ricordeau G., Martin P., Remeuf F., Vassal L., 1994, *INRA Prod. Anim.*, 7, 3-19
[10] Février C., Jaguelin Y., Lebreton Y., Colleaux Y., Prigent J.P., 2000 *7th Internat. Conf. on Goats*, 876-879
[11] Bevilacqua C., Martin P., Candalh C, Fauquant J., Piot M *et al*, 2000, *7th Internat. Conf. on Goats*, 2, 874 .
[12] Manfredi E., Bouloc N., de Crémoux R., Morgan F. *et al*, 2002, *Proc. 7th WCGALP*, 31, 159-162
[13] Vassal L., Delacroix-Buchet A., Bouillon J., 1994, *Lait*, 74, 89-103.
[14] Lamberet G., Degas C., Delacroix-Buchet A., Vassal L., 1996, *Lait*, 76, 349-361.
[15] Pierre A., Le Quéré JL., Famelart MH., Riaublanc A., Rousseau F., 1998, *Lait*, 78, 291-301.
[16] Barbieri M.E., Manfredi E., Elsen J.M., Ricordeau G., Bouillon J. *et al*, 1995, *Genet Sel Evol*, 27, 437-450.
[17] Mahé M.F., Manfredi E., Ricordeau G., Piacère A., Grosclaude G., 1993, *Genet Sel Evol*, 26, 151-157.
[18] Manfredi E., Ricordeau G., Barbieri M.E., Amigues Y., Bibé B., 1995, *Genet Sel Evol*, 27, 451-458.
[19] Vaiman D., Koutita O., Oustry A., Elsen JM., Manfredi E. *et al*, 1996, *Mammal. Genome*, 7, 133-137.
[20] Pailhoux E., Vigier B., Chaffaux S., Servel N., Taourit S. *et al*, 2001, *Nature Genetics*, 29 (4), 453-458.
[21] Drion P.V., Furtoss V., Baril G., Manfredi E., Bouvier F *et al*, 2001, *Reprod Nutr Dev*. 41(5):401-12.
[22] Maurel M.C., Roy F., Herve V., Bertin J., Vaiman D., Cribiu E., *et al*, 2003, *Gynecol Obstet Fertil*.31(9):766-9.
[23] Ricard E., Arhainx J., Guillouet P., Lagriffoul G., Bouvier F., Jacquin M., *et al*, 1994, *29th ICAR*
[24] Ilahi H., Chastin P., Bouvier F., Arhainx J., Ricard E., Manfredi E., 1999, *Small Ruminant Research*, 34, 97-102.

ges des marqueurs microsatellites et des gènes candidats par la suite) en collaboration avec la PRC (INRA Tours), la SEIA Rouillé et le LGBC de Jouy. Les mesures concernent des dosages de progestérone et de mélatonine, ainsi que des notations caractérisant la mue et la chute de poil, comme indicateurs du cycle sexuel. En même temps, des collaborations ponctuelles continuent pour relancer des techniques de reproduction traditionnelles comme l'"effet bouc" 7.

• Santé animale

Depuis 2002, l'unité caprine de Bourges participe à une Action innovante financée par le ministère de l'Agriculture pour étudier les possibilités d'utiliser le transfert d'embryons pour empêcher la transmission mère-fils du CAEV, un rétroVirus qui provoque des arthrites et des encéphalites chez le caprin. Le diagnostic des infections par le CAEV est difficile et il n'existe pas de vaccin. L'action prévoit la procréation d'embryons, à partir de mères et de pères infectés, de transférer ces embryons dans des receveuses saines, et d'étudier le statut infectieux des chevreaux à la naissance. Cette action est une collaboration entre les Écoles Vétérinaire de Nantes et de Lyon, la PRC, la SEIA et l'AFSSA de Sophia-Antipolis. L'activité concrète de l'unité caprine est la caractérisation et le tri des femelles infectées (mères biologiques) et la procréation des embryons qui sont ensuite envoyés à la SEIA pour le transfert sur des receveuses saines. Les tests sur les chèvres seront pratiqués par l'AFSSA.

Lactation et traite

Si les recherches sur la qualité des produits et la reproduction ont été centrales à Bourges durant ces dix dernières années, l'unité caprine a maintenu également une activité sur des caractères traditionnels comme la lactation et les caractéristiques de traite. En 1994, l'installation et les tests des éprouvettes automatiques INRA [23] pour le contrôle des performances laitières ont poursuivi trois buts. Le premier est l'obtention des mesures originales concernant la cinétique d'émission de lait (vis-à-vis des mesures manuelles classiques), le deuxième est d'améliorer la fiabilité des mesures et les conditions de travail des agents de l'unité, et le troisième, disposer d'un modèle de contrôle de performances pour son éventuel transfert aux organismes de contrôle national.

Le remplacement d'appareils dérivatifs (ne mesurant qu'une partie proportionnée du volume de lait produit par chaque chèvre) par des éprouvettes collectant la totalité du lait permet de mesurer avec une précision accrue, le temps de latence, le débit du lait et la quantité totale de lait de chaque traite. Ces éprouvettes, d'abord des prototypes conçus à la SAGA, ensuite des versions industrielles, ont été testées à l'unité caprine avant leur utilisation en routine. Depuis, les données collectées ont permis la description précise des cinétiques d'émission de lait et des relations phénotypiques entre leurs composantes [24].

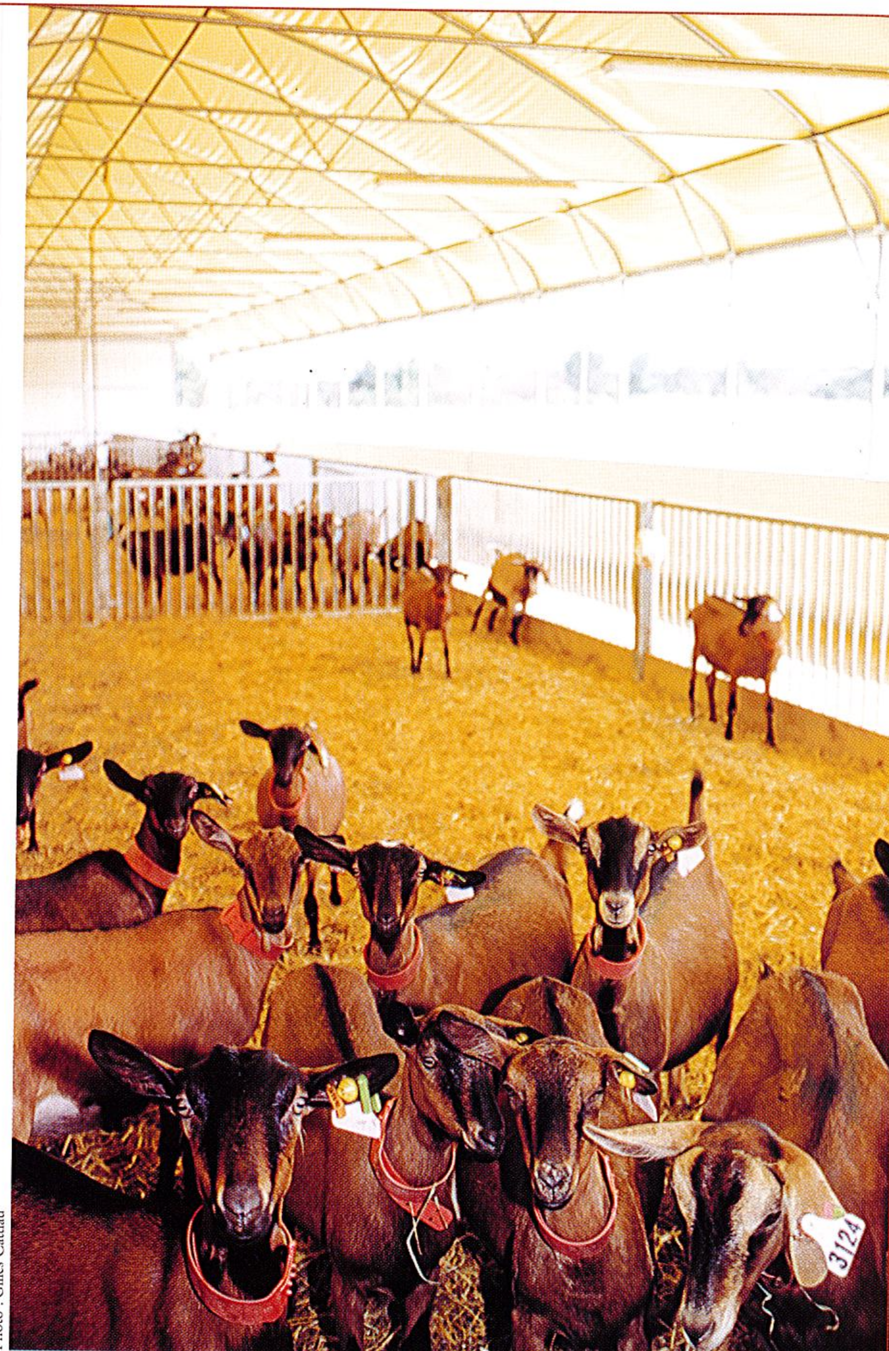


Photo : Gilles Cattiau

Nouvelle chèvrerie. Serre.

Le chantier "traite" a gagné en fiabilité et en confort pour les agents. Les chèvres passent dans le rotolactor où une antenne capte leurs identifications électroniques. Le système intégré associe de façon automatique cette identification aux informations sur la traite et l'ensemble des informations est stocké, toujours sans intervention des opérateurs, dans un micro-ordinateur pour des valorisations ultérieures. L'adoption d'un tel système par les organisations nationales du contrôle de performance se heurte, à l'heure actuelle, à la volonté de ces organismes de maintenir un système de contrôle basé sur des appareils dérivatifs (comme en bovins laitiers). ■

En Perspectives

Les recherches du département reposent sur les unités expérimentales et des bases de données nationales [1]. Ce sont des outils complémentaires qui permettent de répondre à des questions différentes.

Les **bases de données nationales** donnent accès à des populations de très grande taille, mais à une information limitée aux caractères phénotypiques mesurés dans le cadre du contrôle de performances, avec des structures génétiques et des systèmes de conduite hétérogènes et imposés par le choix des éleveurs, et avec une qualité d'information très nettement inférieure à celle des unités expérimentales. Elles sont particulièrement bien adaptées à l'estimation statistique de paramètres génétiques des caractères mesurés à grande échelle, ainsi qu'au criblage d'évènements rares comme les anomalies génétiques.

Pour toutes les autres questions, les **unités expérimentales** sont et resteront irremplaçables. Elles permettent à la fois de construire la structure génétique voulue (croisements, familles...), de contrôler l'environnement, de mesurer des caractères extrêmement fins, d'obtenir une fiabilité des données sans équivalent, et ceci sans avoir à se plier avant tout à la rentabilité de la production agricole.

Quelles sont les modifications induites par la **révolution de la génomique ?** Il est souvent mis en avant que la génomique sous toutes ses formes permet d'accéder directement aux gènes, à leur expression et leur régulation, et de ce fait devrait diminuer les besoins d'expérimentation. Cette remarque ne nous semble pas exacte. En effet, même si les systèmes d'expression cellulaire se développent rapidement, le facteur limitant reste et restera pour longtemps l'information phénotypique. L'accès à la variabilité phénotypique individuelle continuera à reposer sur l'observation à l'échelle de populations. **Plutôt que de le diminuer, la génomique à haut débit renforce le besoin en phénotype et donc en expérimentation.** Bien entendu, ce besoin change en nature et les phénotypes d'intérêt couvriront une gamme plus large, du caractère observé à l'échelle macroscopique jusqu'aux mesures d'expression des gènes (transcriptome, protéome) dans des tissus variés à des stades physiologiques divers, en passant par de multiples phénotypes physiologiques plus classiques. On définit ainsi une notion de phénotypage à haut débit, de nombreux individus étant caractérisés pour de nombreux phénotypes mesurés à des échelles différentes. Une telle évolution n'est pas simple à organiser ni à financer, mais elle constitue sans doute l'un des grands défis des prochaines années. Elle passe par une diminution drastique du coût de ces mesures, absolument nécessaire si l'on souhaite développer ces techniques à grande échelle et analyser la fonction et l'effet des gènes de façon systématique.

Les techniques nouvelles vont inévitablement conduire à une inflation des coûts expérimentaux. Une solution possible à la maîtrise des coûts est la transposition de la question scientifique à une espèce plus petite et donc moins chère, voire une espèce modèle. La question posée est donc la suivante : **dans quelle mesure une question de recherche sur une espèce donnée est-elle transposable sur une espèce plus petite ?** Cette question n'a pas de réponse unique. Les généticiens s'intéressent à la fois aux grands mécanismes à la base de l'existence d'une fonction mais surtout à la variabilité génétique autour de ces mécanismes de base. Les mécanismes de base sont souvent les mêmes entre espèces et impliquent les mêmes gènes, et la transposition d'une question d'une espèce à l'autre est possible. L'outil privilégié dans ce cadre est la transgénèse (knock-out et knock-in) chez la souris, qui permet d'étudier l'effet de la présence et de l'absence d'un gène. Par contre, on observe que les sources de variabilité génétique intra espèce autour de ces mécanismes de base sont beaucoup moins conservés entre espèces que les mécanismes de base. Il n'y a pas de règles générales et des variations de phénotype similaire sont fréquemment dues à des gènes différents. Cette perte de charge est généralement d'autant plus importante que les espèces sont plus éloignées. Dans un exemple illustratif récent qui n'a pas de valeur générale, une recherche chez le mouton de QTL de résistance à la tremblante ciblée sur les régions homologues connues pour être impliquées dans la même fonction chez la souris, a nécessité d'analyser près de la moitié du génome du mouton et n'a permis de détecter qu'une seule région d'intérêt, sans que l'on puisse à ce jour certifier qu'il s'agit du même gène dans les deux espèces. Il convient donc d'étudier toutes les opportunités de transposition sur une espèce modèle, tout en restant conscient d'une part de leurs limites, et d'autre part de la nécessité de maintenir l'essentiel de l'effort sur la transposition et donc sur l'espèce cible.

En conclusion, le dispositif des unités expérimentales a pour vocation première de fournir à la génomique les phénotypes dont elle a besoin pour étudier les réseaux de régulation génique et caractériser l'information moléculaire. Ce dispositif est un atout en Europe, il apporte des génotypes modèles, un équipement et un savoir-faire capable de produire les données nécessaires à l'évaluation des effets des gènes. Cet apport a des retombées scientifiques et des retombées pour les filières, allant de l'identification de nouveaux critères de sélection jusqu'au transfert de génotypes originaux vers les sélectionneurs. Les espèces et les fonctions concernées sont autant d'opportunités de collaborations avec nos collègues des autres départements, avec lesquels les programmes de recherche sont construits en collaboration. ■

[1] Le CTIG centralise toutes les données de contrôle de performances pour toutes les espèces animales (contrôle laitier, contrôle de croissance...) enregistrées par les établissements départementaux de l'Élevage (EDE) pour le compte du ministère chargé de l'Agriculture.

Bourges aujourd'hui

Bourges, unité expérimentale du centre d'Orléans

Avec ses 46 personnes l'UE de Bourges représente le quart de l'effectif du centre d'Orléans. L'UE de Bourges c'est aussi des bureaux, des installations expérimentales, des hangars de stockage, des pavillons de fonction, soit 30 000 m² de toitures et 30 000 m² de voiries.

Le centre d'Orléans est très présent dans la bonne marche du domaine par sa participation à l'entretien, environ 60 000 € de travaux réalisés tous les ans sur le programme Entretien Lourd Réparti.

Le centre d'Orléans initie également les demandes de subventions auprès de la région Centre dans le cadre des plans État-Région, auprès des Fonds européens de développement régional (FEDER) et Fonds européens d'orientation et de garantie agricole (FEOGA), auprès du département du Cher. Ces dix dernières années le président du centre d'Orléans, Jean-Claude Bégon et les services d'appui à la recherche se sont fortement impliqués dans ces recherches de financement qui ont permis de reconstruire deux bergeries (1999 et 2003), de construire une chèvrerie supplémentaire (2002), de rénover les installations expérimentales caprines (1998), de renouveler les matériels expérimentaux de mesures et de contrôles (de 1996 à aujourd'hui), et à mettre en place des études innovantes : le désaisonnement de la reproduction chez les caprins, et la résistance au parasitisme gastro-intestinal chez les ovins, (2002 et 2003). Ainsi depuis 1996, c'est environ 90 000 € par an qui ont permis d'améliorer le patrimoine bâti de l'UE de Bourges, de moderniser les installations expérimentales et le matériel, de procréer des animaux expérimentaux...

Le domaine de Bourges, éloigné d'environ une heure de route de son centre administratif, n'en est pas pour autant isolé. Les agents de Bourges participent aussi à la vie du centre par leur présence aux différentes commissions : Conseil de gestion et Conseil scientifique du centre, Commissions diverses (formation, emploi des CES-CEC, CSC, logement...).

Thèmes du centre d'Orléans

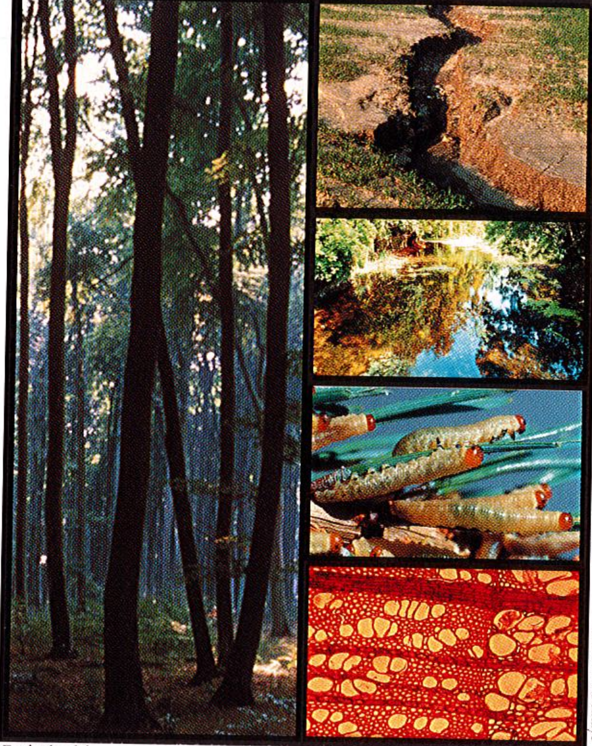


Photo : H. Frochot

Forêt de chênes.

Photo : P. Chery

Photo : Gilles Cattiau

Photo : F. Goussard

Photo : P. Gelhaye

De haut en bas :
- Érosion en Nord Pas-de-Calais.
- Marais du Poitou.
- Larves de *Diprion pini*.
- Coupe de bois de hêtre commun.

L'évolution du métier des animaliers et la modernisation des outils : deux conditions pour réussir la mise en œuvre de la pluridisciplinarité

Le contexte général

L'étude de la variabilité génétique, polygénique et moléculaire, de nouveaux caractères ou des composantes biologiques de performances zootechniques globales, a considérablement fait évoluer le métier des personnes qui travaillent à l'unité expérimentale au cours des 20 dernières années.

Pour un nombre de variables à acquérir ou de prélèvements de matériel biologique à effectuer sans cesse en augmentation, il fallait réussir à concilier leur réalisation avec fiabilité sur un nombre important d'animaux afin de garantir la puissance du dispositif expérimental, avec l'accomplissement de l'ensemble des tâches d'élevage inhérentes au bon fonctionnement de l'unité.

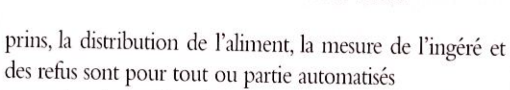
Le relatif éloignement entre unité expérimentale et unités de recherches rendait encore plus nécessaire l'engagement de ces personnes dans la mise en œuvre des protocoles.

Dans un contexte de stabilité de l'effectif en personnel, l'objectif a pu être atteint grâce à la motivation des agents du domaine et à la conjonction de différentes actions : automatisation de certains travaux d'élevage, utilisation de l'électronique et de l'informatique pour l'acquisition des données et leur gestion, formation de personnel à de nouvelles techniques de mesure et mise en place d'une unité de mesures biologiques au service de toutes les espèces élevées au domaine.

Quelques exemples

• de l'utilisation de nouveaux outils pour faciliter et fiabiliser les enregistrements de données :

- l'utilisation de l'identification électronique des animaux est pratiquement généralisée
- des automates (sous brevet INRA) couplés à l'identification électronique permettent de peser avec une précision garantie les animaux des 4 espèces ou de réaliser le contrôle laitier des chèvres (quantité, débit et prise d'échantillons de lait)
- pour les protocoles d'alimentation bovins, ovins et caprins, la distribution de l'aliment, la mesure de l'ingéré et des refus sont pour tout ou partie automatisés



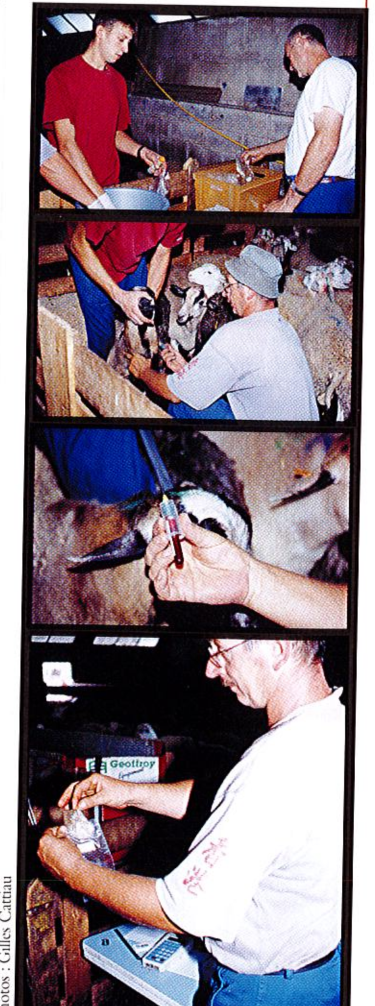
- pour la mise en lots des animaux, un parc de tri électronique vient d'être installé dans l'élevage ovin
- les appareils de saisie portables également couplés à l'identification électronique ont presque totalement fait disparaître le papier pour l'enregistrement de variables non automatisables
- les communications numériques avec le centre informatique du département (CTIG) se développant, l'aboutissement de ce processus est la mise en place de systèmes d'informations propres à chaque espèce ou groupe d'espèces (ovins et caprins) et accessibles en temps réel pour la mise à jour des informations collectées sur l'unité expérimentale ainsi que pour les analyses scientifiques qui en découlent.

Pour augmenter la réactivité de la gestion de l'information découlant des nombreux protocoles expérimentaux à caractère pluridisciplinaire, l'unité bénéficiera prochainement d'un nouveau système d'information dédié à la gestion de ces protocoles.

Ce système d'information relève lui-même d'un travail coopératif (départements Élevage et Nutrition des Animaux, Génétique animale, Produits animaux et Santé animale) tant au plan de l'analyse que du développement.

• de la diversification des mesures et des prélèvements :

- l'estimation de la composition corporelle *in vivo* par échographie est réalisée pour les besoins de différents protocoles bovins, ovins et porcins
- l'analyse d'image est un nouveau savoir-faire de l'unité expérimentale pour la détermination de la surface des fibres musculaires ou pour la mesure de la surface du muscle long dorsal
- des endoscopies sont pratiquées pour la mesure du taux d'ovulation chez les truies ou les brebis
- les prises de sang effectuées sur l'unité expérimentale se comptent par milliers, que ce soit pour des dosages variés ou pour l'extraction d'ADN qui est maintenant réalisée systématiquement au GIE LABOGENA pour les animaux expérimentaux



Photos : Gilles Cattiau

Services communs
Jean-Pierre Ballant, Yves Berthon
Annie Bourdillon, Jean-Guy Burlaud
Jacques Fouchet
Jean-Pierre Hamonou, responsable du domaine
Françoise Lavault, Patricia Mottereau

Exploitation
André Guillaumin,
Philippe Lagaraine, Régis Petit
Didier Vilatte, responsable

Mesures biologiques
Christophe Pery

Domaine de Bourges
46 personnes : 6 ingénieurs, 38 techniciens, 2 administratifs.
Deux implantations situées à 10 kms l'une de l'autre à l'est de Bourges : 600 ha de surface agricole utile, dont 450 ha de prairies temporaires pour l'alimentation des trois troupeaux de ruminants.
• La Sapinière 18390 Osmoy : 400 ha de surface agricole utile (Bourges, Osmoy, Savigny-en-Septaine).
Unité Ovine : 2000 brebis et agnelles, 200 béliers.
• Galle 18520 Avord : 200 ha de surface agricole utile.
Unité Bovine : 270 vaches allaitantes et renouvellement.
Unité Caprine : 200 chèvres et renouvellement.
Unité Porcine : 160 truies et renouvellement.
Mesures Biologiques.
Animateur du CSU : Bernard Bibé (SAGA, Toulouse)

Les chefs de domaines :
1962 - 1968 : Gérard Maurice
1969 - 1970 : Claude Lefèvre*
1970 - 1975 : Pierre Darde
1975 - 1985 : Jean-Louis Rigal
1986 - 1988 : Paul Guillimin
1988 - .... : Jean-Pierre Hamonou

Les chefs d'élevages expérimentaux
• Élevage Ovin
1963 - 1989 : Claude Lefèvre*
1989 - ..... : Jean-Claude Brunel
• Élevage Porcin
1965 - 1986 : Pierre Dando**
1987 - 1989 : Jérôme Fleury
1989 - .... : Jean-Marcel Gogué
• Élevage Caprin
1966 - 1992 : Paul Guillimin
1993 - ..... : Frédéric Bouvier
• Élevage Bovin
1970 - 1988 : Bernard Perreau
1989 - 1990 : Jean-Claude Brunel
1990 - ...... : Daniel Krauss

* Disparu en 2003. **Disparu en 2002.

L'ADAS à Bourges
Grâce à un "noyau dur" d'animaliers logeant sur le site de la Sapinière, la section locale de Bourges est très active. Au fil de l'année plusieurs rendez-vous sont donnés aux adhérents, tels que la traditionnelle galette des rois, le week-end "ski et gastronomie auvergnate" au Mont-Dore en fin janvier, le tournoi de tennis au printemps, le méchoui, ô combien réputé, au début de l'été, la sortie en VTT en automne, certaines années, une rencontre de football contre la Direction des services vétérinaires (DSV) et la DDA du Cher réunies, et enfin, sans doute le plus important pour les enfants, l'Arbre de Noël suivi d'un dîner pour les petits et les grands.

- avec le développement des travaux sur la résistance génétique au parasitisme chez les ovins, de nombreux prélèvements coprologiques sont nécessaires.
- des prélèvements de gras ou de muscle par biopsie sont réalisés par le personnel formé à cet effet dans les élevages bovins ou porcins.
- des prélèvements de différents tissus sont également opérés en abattoirs industriels par les techniciens des unités porcine ou ovine.

Ce ne sont là que des exemples car la variété des mesures et des prélèvements est encore plus grande et sans cesse en évolution pour satisfaire aux exigences des programmes expérimentaux conduits au domaine de Bourges.

L'exploitation agricole
Pour alimenter les troupeaux expérimentaux, l'UE de Bourges dispose en location de 2 domaines agricoles, propriété du ministère de la Défense : 400 ha sur La Sapinière à Osmoy et 200 ha sur Galle à Avord. Un chef de culture et 3 tractoristes y sont affectés.
Les sols sont typiques de la Champagne Berrichonne, constitués à majorité de rendzines calcaires dont la caractéristique essentielle est le faible pouvoir de rétention en eau, entraînant un dessèchement rapide des sols en absence de pluie.
L'assolement est le suivant : 420 ha de prairie temporaire, 70 ha de blé, 60 ha d'orge de printemps, 50 ha de jachères fixes ou semées.
La rotation sur les parcelles de l'INRA dénote dans le paysage de la Champagne Berrichonne (traditionnellement : colza ou tournesol, blé, orge d'hiver) :
• à la Sapinière : 4 ans de prairie de dactyle , blé, orge de printemps en couvert de semis de dactyle. Le dactyle est surtout utilisé en pâturage par les moutons. Les excédents sont exploités en ensilage ou en foin
• à Galle : 4 ans de prairie brome-trèfle violet, blé, jachère semée en brome-trèfle. Le brome-trèfle est totalement récolté en ensilage et en foin.
Chaque année sont récoltées environ 1200 tonnes de foin, 5000 tonnes d'ensilage (1200 tonnes de MS) et 2000 tonnes de paille pour l'alimentation et le paillage des animaux.

La vie du domaine
Si la plupart des 46 agents habitent dans les alentours de Bourges et Avord, 13 familles bénéficient d'un logement de fonction par nécessité absolue de service, 7 sur le site de La Sapinière à Osmoy et 6 sur le site de Galle à Avord : la présence d'animaux nécessite la présence d'agents à proximité.
Les locaux administratifs, direction, secrétariat, comptabilité sont à La Sapinière, là où également se trouve le restaurant : 25 agents en moyenne, tous les jours, y prennent leur repas préparé et servi par la SODEXHO.
Les relations avec les scientifiques, en plus des relations fréquentes avec les responsables d'élevage, peuvent être régulières comme les deux réunions techniques annuelles rassemblant les chercheurs de la SAGA de Toulouse et les équipes "ovine" et "caprine" ; ou selon les besoins de l'actualité (nouveau protocole, transmission de résultats…) comme les équipes "bovine" et "porcine" avec les chercheurs de la SGQA de Jouy-en-Josas.
Le CSU, animé par Bernard Bibé, se réunit tous les 18 mois environ : les scientifiques pilotes des études de Bourges, les responsables des unités de Bourges, les animateurs des commissions nationales INRA des productions animales se retrouvent une journée pour faire le point sur les études en cours et en projet.
La démarche qualité est aussi engagée dans les élevages expérimentaux. Ainsi avec l'aide d'Edmond Ricard, l'ingénieur électromécanicien de la SAGA à Toulouse, les équipes d'animaliers ont mis en place des procédures d'utilisation des différents appareils utilisés pour l'expérimentation : test de métrologie pour automates de pesée, chargement et déchargement des saisies portables…
Les conseils de domaine, au fil des années, sont devenus des assemblées générales qui ont lieu avec des fréquences variables selon l'actualité. Lors de ces AG, il a été mis en place en 1995-1996 la première action à l'INRA sur la maîtrise des risques professionnels dans les unités expérimentales, et en 2001-2002 l'ARTT avec l'accord de l'ensemble des agents.

La maîtrise des accidents du travail
En 1996, en collaboration entre la Mission centrale de prévention, le centre d'Orléans, le département de Génétique animale et ses 2 UR, SGQA de Jouy-en-Josas et SAGA de Toulouse, la direction scientifique des Productions animales, une opération Audit/Prévention a été initiée à l'unité expérimentale de Bourges afin de réduire les accidents du travail.
Il est vrai que l'UE de Bourges, avec ses 46 agents, ses 4 élevages expérimentaux au cheptel important, son exploitation de 600 ha de SAU, ses ateliers de mécanique et d'entretien des installations expérimentales, représente bien les activités des unités expérimentales de l'INRA et émargeait sans doute trop souvent à la rubrique "accident du travail".
Trois mesures principales ont été mises en œuvre :
-Sensibiliser tous les agents à l'"Analyse des accidents par l'arbre des causes", et réaliser systématiquement l'analyse des accidents survenus sur le domaine en finalisant un plan d'action à exécuter selon un calendrier.
-Améliorer les systèmes de contention des animaux : exemple, le parc de tri électronique des moutons
-Mécaniser les travaux pénibles : exemple : la mécanisation du paillage des animaux.
Résultats : malgré 2 accidents graves depuis 1997, la tendance est à une baisse sensible de la moyenne du nombre des accidents : 10 accidents par an avec et sans arrêt de travail avant 1997, et 6 après.

L'UE de Bourges et le Crottin de Chavignol
L'UE de Bourges entretient de nombreux rapports avec les partenaires de la filière caprine du Cher. Situé à moins de 40 km du village de Chavignol en Sancerre, l'élevage expérimental caprin se trouve dans la zone d'appellation d'origine du Crottin de Chavignol. Aussi, au fil des collaborations, de nombreux liens se sont tissés entre l'unité expérimentale caprine du domaine et le syndicat de défense de l'AOC Crottin de Chavignol.
Frédéric Bouvier, responsable de l'élevage caprin, a fait partie du conseil d'administration du syndicat au moment où s'établissait un nouveau cahier des charges de la production.
Aujourd'hui, il est membre de la "commission agrément produit" de l'appellation, dont le travail est de contrôler si les fromages produits sous la dénomination "Crottin de Chavignol" répondent bien aux critères de production.
Ces échanges permanents permettent de faire remonter vers les chercheurs de l'INRA les différentes interrogations de la première AOC caprine de France, telle que la problématique de la traçabilité des produits. ■

Rencontre avec Claude Lefèvre

Quelques notes au vol*

Comment êtes-vous entré à Bourges ? J'ai commencé avec des vaches laitières. J'ai été en formation à la Génétique rue de l'Estrapade avec Jacques Poly. Ni mon père ni ma mère n'étaient agriculteurs mais je passais toutes mes vacances dans la grande ferme des Rothschild ; c'est là que j'ai acquis cette fibre animale ; dès que je passais la porte de l'étable, le gros taureau Pie-noire meuglait pour m'appeler. Je suis rentré du service militaire en avril 1963 ; le hasard de la rapidité du courrier m'a fait entrer à Bourges : le même jour, une lettre est arrivée de Jacques Poly, une "lettre chargée" c'est-à-dire à délivrer immédiatement ; j'ai accepté tout de suite. Le soir, une autre lettre de Pequignot, à Grignon me proposait de travailler au Centre technique de la pomme de terre. J'aurais donc pu m'occuper de pommes de terre. J'ai passé la fin de 63 à déménager les bureaux de la Génétique animale rue de l'Estrapade (Paris) à Jouy. Ce déménagement a été l'occasion d'une petite histoire drôle : Jacques Poly a toujours été persuadé que je lui avais perdu un tiroir, qu'il m'a réclamé durant des années mais c'était impossible puisque son type de bureau n'avait pas de tiroir, seulement des caissons. J'ai été à Bourges huit mois après le démarrage de l'unité jusqu'en 1989. Puis Jacques Poly m'a demandé d'aller au Maroc, il y avait été en mission et s'était engagé à leur apporter une aide en zootechnie. J'hésitais, il m'a dit "va voir une semaine sur place". J'y suis resté trois ans.

Cela a été difficile de quitter Bourges : c'est probablement moins dur que pour celui qui prend sa retraite et reste à côté. Du Maroc, il n'est pas facile d'y revenir. D'autres sont restés tout près et tous les huit jours il leur fallait y passer même s'ils voyaient que les nouveaux n'avaient pas leur façon de prendre les problèmes ; ce n'était ni mieux ni plus mal mais différent. J'ai gardé mes amis mais je me suis abstenu de revenir au domaine pendant des années. Lorsque l'on a eu des responsabilités, cela fait souffrir de constater des différences d'approche : attaquer un champ par ce bout-là plutôt que par l'autre c'est plus une routine ; en réalité, cela ne change pas grand-chose au rendement en orge l'année d'après. On a l'impression que l'autre travaille mal ; ce qui n'est souvent pas vrai. Nous oublions nos erreurs, notre manque d'expérience.

Que diriez-vous de votre expérience sur l'organisation d'un domaine ? Être responsable de quelque chose, c'est essayer d'aller à l'essentiel ; à tout moment, il faut faire des choix, tailler à coup de serpe. Il y a des priorités et pas le temps d'être méticuleux sur tout.



Photo : Gilles Cattiau

Un certain nombre d'éléments viennent compliquer l'organisation des activités s'ajoutant aux conflits classiques dans une communauté de travail : les formations, les concours, les accidents du travail, les pathologies liées à la manipulation des animaux.

À la fois indispensable avec la modernisation des techniques (informatique...) et des mesures (échographies, endoscopies...) et, déstabilisant la répartition des charges de travail, la formation est gourmande en temps : pour les candidats et le jury de concours, pour la prévention, l'hygiène et la sécurité, pour l'habilitation à l'expérimentation animale, pour mettre en œuvre de nouvelles techniques d'enregistrement de mesures...

Le développement de l'informatique a beaucoup changé le travail de nature : le nombre d'hommes n'a pas diminué mais chacun assure beaucoup plus d'activités. L'alimentation des ovins par exemple a été mécanisée : deux font le travail de quatre auparavant pendant 5 à 6 heures ; cela a permis d'assurer de nouvelles mesures comme le taux d'ovulation par endoscopie par exemple.

Auparavant, il fallait empoigner chaque mouton pour relever son numéro et le diriger vers le couloir de pesée, gestes qui cassent le dos ; aujourd'hui, un appareil lit automatiquement le numéro d'identification et enregistre le poids et sa différence par rapport

* Cette interview a été réalisée lorsque Claude Lefèvre dirigeait le domaine du Merle dans la Crau. Décédé en 2003, il n'a pas pu relire ces notes, nous avons cependant souhaité les publier en écho aux 26 années pendant lesquelles il a dirigé l'élevage ovin du domaine de Bourges. La profession, notamment l'Alliance pastorale, a tenu à évoquer sa disparition par un témoignage exprimant toute l'aide qu'il leur avait apportée : "*Claude fait partie des hommes que l'on ne pourra pas oublier dans le monde du mouton*".
Denise Grail

Brebis INRA 401.





Photos : Gilles Cattiau

Bélier Romanov.

à la précédente pesée. Un appareil d'alimentation automatique permettant un contrôle individuel mis au point pour les porcs, a été adapté aux ovins, qui, eux, n'aiment pas s'engager seuls dans un couloir étroit mais ils ont fini par s'y faire.

Mais, facilitant le travail d'un certain point de vue, l'automatisation a entraîné des modifications des rapports entre hommes et animaux : ceux-ci voyant les hommes moins quotidiennement y sont moins accoutumés et réagissent par un plus grand affolement à la présence humaine.

VOUS AVEZ ÉVOQUÉ LES RELATIONS ENTRE L'HOMME ET L'ANIMAL ?

Gestes et feeling ne s'apprennent pas. Les chiens et les brebis nous apprennent toujours quelque chose.

La brebis a une mémoire : elles reconnaissent leur alpage ; il faut commencer par le "mauvais", après on les emmène vers le "bon" mais les brebis qui connaissent l'alpage essaient d'éviter le "mauvais". Elles apprennent aussi très vite : la clôture peut rapidement ne plus être électrifiée.

Une brebis Romanov fait de l'accouchement sans douleur, la douleur est liée au manque d'oxygène entre les contractions. Elle respire comme une folle. Il ne faut jamais se mêler au troupeau si l'on veut détecter les animaux qui boitent car leur peur modifie leur comportement. Les brebis qui boitent dépensent beaucoup de leur énergie pour suivre le troupeau et s'alimentent moins.

Au sujet des chiens : les border collies dépendent trop de leur maître, ils ne sont pas assez équilibrés. Je préfère les beaucerons, équilibrés, capables de m'engueuler. Avec les chiens, il y a un problème de meute, d'autorité. Un jour, j'envoie un aide rentrer un troupeau. Il ne revient pas, il avait un désaccord avec la chienne…

J'ai été faire de l'insémination artificielle avec les porcs, à Rouillé avec Maurice Molénat. Si l'on parle de "fibre animale", j'aime bien les moutons, les vaches, les chevaux ou les chèvres mais les porcs ou les volailles ne m'attirent pas du tout : c'est une question de mode d'élevage : en aviculture et avec les porcs, cet élevage ne laisse pas place aux contacts avec l'animal, aux relations homme-animal. Ce sont des numéros dans mon ordinateur, je m'ennuierais. Je vous assure que l'on ne peut jamais oublier l'odeur du sperme du verrat, je vous défie de manger après, c'est infect ; pour s'en débarrasser, sur les mains, il faut au moins de l'acide acétique. Je me souviens cependant d'un verrat Large White à Nantes qui avait la charge de se promener dans les différents parcs de truies pour déceler celles qui étaient en chaleur. C'était devenu un copain, il était très grand, 320 kilos, et je montais sur son dos pour faire la tournée. Il était brave comme tout. J'avais le contact avec lui. L'élevage presque industriel de ces animaux permet de manger de la viande à bas prix. Cela fait que l'alimentation ne représente plus que 12% du budget des ménages. Mais cela change trop à mon goût les relations de l'éleveur avec les animaux.

VOUS AVEZ BIEN CONNU LE DOMAINE DE BOURGES PUISQUE VOUS Y AVEZ ÉTÉ DE 1963 À 1989, NOUS AVONS DÉJÀ ÉVOQUÉ SON HISTOIRE ET MAINTENANT DEPUIS 1993, VOUS ÊTES À CELUI DU MERLE QUI DÉPEND DE L'ENSAM MONTPELLIER. VOUS AVEZ DONC L'EXPÉRIENCE DE DEUX DOMAINES JOUANT UN RÔLE IMPORTANT POUR LA RECHERCHE, QUE PENSEZ-VOUS DE LA SITUATION DES DOMAINES ?

À mes yeux, les domaines expérimentaux sont particulièrement importants pour faire le lien entre la recherche et l'élevage.

J'ai particulièrement deux inquiétudes au sujet des domaines :

• la diminution de postes : les domaines se sont développés au début des années 60, beaucoup de ceux qui y travaillent ont l'âge de partir à la retraite. Les postes ne sont plus facilement remplacés alors qu'il s'agit d'un travail contraignant, demandant une disponibilité tous les jours et souvent jour et nuit, à la fois parce qu'il s'agit d'élevage mais aussi de faire de nombreuses mesures expérimentales nécessaires à la recherche,

• un problème de qualification, amplifié par les départs en retraite : les jeunes qui arrivent, formés par l'enseignement agricole, n'ont plus cette culture paysanne qui était celle des générations d'agriculteurs contraints de quitter la terre. Déjà le rapport à l'animal, qui est important, n'est pas facile à apprendre à l'école mais au moins les programmes ont le souci de l'enseigner. Savoir faire une piqûre… mais la difficulté, ce sont les savoir-faire annexes ; tout petit, le fils d'agriculteur savait conduire un tracteur, planter un piquet, couper du bois, manier une tronçonneuse. Les jeunes qui ont quitté la terre sont allés aux travaux publics et à la conduite de gros engins, ils avaient ces qualités-là. Mais la qualité de ce savoir, personne n'en a même conscience, il n'est pas pris en compte.

À ce sujet, il serait important que l'année de titularisation joue pleinement son rôle et permette de tenir compte des aptitudes indispensables à ce métier de zootechnicien : la fibre animale mais aussi cette culture agricole annexe, qui faisait il y a 20 ans partie du savoir du jeune paysan. Ce n'est pas dramatique, ce n'est pas une tare, il faudrait les ré-aiguiller ; ce n'est pas que la personne soit mauvaise mais elle n'est pas faite pour cela -elle n'est pas à sa place- ce n'est pas une sanction . C'est aussi le problème des concours : comment juger ces qualités non mesurables en si peu de temps ? ■